РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ

ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МАЛИХ СУДЕН

ЧАСТИНА II
КОРПУС

Київ 2024

Регістр судноплавства України.
Правила класифікації та побудови малих суден.

Це видання Правил класифікації та побудови малих суден підготовлене на основі їх четвертого видання 2015 р., з урахуванням змін і доповнень, включених у Бюлетені змін і доповнень №1 (2016 р.) і №2 (2020р.), та оновлених міжнародних стандартів ДСТУ EN ISO групи 13.340.70 Індивідуальні плавзасоби (рятувальні жилети), групи 47.080 Малі судна згідно з національним класифікатором НК 004:2020, гармонізованого з ICS, а також інших оновлених стандартів ДСТУ EN ISO, ДСТУ ISO (див. Додаток 1 до частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден), вимог до поліетиленів високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності і акрилонітрил бутадієн стиролів (ABS) згідно зі стандартами інших класифікаційних товариств. При підготовці цього видання враховано зміни, внесені циркулярними листами Регістру судноплавства України №211.1.4-1181Ц від 29.05.2017р., №28.8-47 від 10.01.2024р., №28.8-70 від 17.01.2024р.№28.8-306 від 01.03.2024р, №28.8-334 від 06.03.2024р., №34.8-680 від 03.06.2024р., №111/34-24 від 03.07.2024р., №125/34-24 від 17.07.2024р., вимоги застосовних Міжнародних конвенцій та кодексів, прийнятих відповідними резолюціями Міжнародної морської організації (IMO), вимоги застосовних документів Європейської економічної комісії ООН, Дунайської Комісії та директив Європейського Парламенту і Ради, змін і доповнень, прийнятих за результатами аналізу досвіду застосування Правил класифікації та побудови малих суден попередніх видань та Правил інших класифікаційних товариств.

При розробленні цих Правил також враховані:

вимоги Закону України «Про внутрішній водний транспорт» №1054-IX від 03.12.2020, у редакції від 13 грудня 2022 року № 2849-IX;

вимоги Наказу Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 30.05.2023 року за № 462 «Про затвердження Положення про річкову інформаційну службу»;

Наказ Регістру судноплавства України від 02.02.2024р., №13 «Про впровадження нової торговельної марки Регістру судноплавства України».

Перелік частин, що увійшли до цих Правил:

Частина ll Корпус
Частина lll Пристрої, обладнання та забезпечення
Частина lV Остійність, непотоплюваність та надводний борт
Частина V Механічні установки. Механізми. Системи та трубопроводи.
Частина Vl Автоматизація
Частина Vll Електричне обладнання
Частина VIII Радіо- та навігаційне обладнання
Частина IX Рятувальні засоби
Частина X Протипожежний захист
Частина Xl Випробування суден
Частина Xll Матеріали
Частина Xlll Особливі вимоги до суден для комерційного перевезення пасажирів
Частина XlVЗасоби щодоз апобігання забрудненню з суден.
Частина XV Зварювання

Правила класифікації та побудови малих суден Регістру судноплавства України затверджені згідно з діючим положенням і вступають у силу 01.01.2025 року.

Правила публікуються українською та англійською мовами. У разі розбіжностей між текстами українською та англійською мовами та сумнівів щодо тлумачення Правил текст українською мовою переважатиме.

Офіційне видання
Регістр судноплавства України

© Регістр судноплавства України, 2024

ЗМІНИ

Частина II Правил класифікації та побудови малих суден видання 2024 року, порівняно з їх виданням 2015 року, окрім змін та доповнень, включених у Бюлетені змін і доповнень та у циркулярні листи Регістру судноплавства України, що зазначені в анотації, містить також наступні зміни та доповнення.

Розділи/підрозділи/пункти що змінюються	Інформація про зміни	Примітка
1	2	3
Пункт **1.2.2.1**	Доповнений новим визначенням *«термопластик»*	
Пункт **1.4.1**	Доповнений новим визначенням *«термопластик»*	
Розділ **1** доповнений новими пунктами **1.4.3, 1.4.4 і 1.4.5**	Внесені вимоги до матеріалів, що рекомендуються до застосування для виготовлення корпусів суден	
Пункт **1.5.2**	Доповнений вимогами до термопластиків	
Пункт **2.1.4**	Доповнений вимогами до методик для визначення розрахункових навантажень	
Пункт **2.3.3.2**	Доповнений вимогами щодо обмеження швидкості глісуючого моторного судна на хвилюванні для забезпечення характеристик міцності корпусу	
Пункт **3.2.2.3.2**	Внесені зміни стосовно обмеження довжини прогону балок поздовжнього рамного набору	
Пункт **3.2.2.3**	Доповнений новим пунктом **3.2.2.3.3** з вимогами до прогонів балок перекриттів корпусних конструкцій	
Пункт **3.3.3.2**	Виключені вимоги щодо надбавки 0,5мм на корозію до мінімально необхідної товщини обшивки	
Таблиця 3.3.5.5	Уточнена довжина *L*н згідно до Закону України про ВВТ та Директиви ЄС №2013/53/EU	
Формула (3.3.6.2-1)	Введена надбавка на корозію 50% для сталевих металевих пластин і фанери та 15% для металевих пластин із алюмінієвих сплавів	
Підрозділ **3.3**	Доповнений новим пунктом **3.3.6.4** з вимогами до мінімальних товщин корпусу суден, виготовлених із поліетиленів (PE) високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності	
Пункт **3.4.3** і таблиця 3.4.3	Доповнені вимогами до поліетиленів (PE)	
Пункт **3.4.4.1**	Уточнені вимоги до довжини прогону балок	
Пункт **3.4.4.2**	Вимоги пункту поширені на поліетилен (PE)	
Підрозділ **3.4**	Доповнений новим пунктом **3.4.4.3** з вимогами до розмірів ребер жорсткості корпусу суден, виготовлених із поліетиленів (PE) високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності	
Таблиця 3.4.6.1	Доповнена вимогами до поліетиленів (PE)	
Пункт **3.4.8**	Доповнений новим підпунктом **3.4.8.4** з вимогами до мінімальної товщини перегородки, виготовленої із поліетилену (PE)	
Пункт **3.5.2.1** і таблиці 3.5.2.1-1 та 3.5.2.1-2	Доповнені вимогами до поліетиленів (PE)	
Пункт **3.5.2.2**	Доповнений вимогами до поліетиленів (PE)	

Розділи/підрозділи/пункти що змінюються	Інформація про зміни	Примітка
1	2	3
Пункт **4.4.2.9**	Доповнений новим підпунктом **«.9 Посилення кіля»**	
Підрозділ **4.4**	Доповнений новим пунктом **4.4.2.9.10** з додатковими вимогами до штевней і кілів інших конструкцій	
Підрозділ **4.4**	Доповнений новим пунктом **4.4.2.12** з вимогами до конструкції транця глісуючого судна	
Пункт **4.4.2.11.7**	Уточнено посилання на пункт **7.2.3**	
Розділ **4**	Доповнений новим підрозділом **4.8** з вимогами до льодових підкріплень суден з металевим корпусом	
Пункт **5.4.3.7.4**	Уточнено посилання на пункт **7.2.3**	
Підрозділ **9.2**	Доповнений новим пунктом **9.2.3** з вимогами до розрахунку загальної міцності корпусу судна	ДСТУ EN ISO 12215-6:2019
Пункт **9.4.1.2**	Уточнено відношення найбільшої довжини судна до висоти борту	ДСТУ EN ISO 12215-6:2019
Підрозділ **11.4**	Доповнений новим пунктом **11.4.3** з вимогами до випробування зразків із термопластиків	
Таблиця 11.5.1.2	Внесені зміни та доповнення, які стосуються випробувань металевого корпусу на непроникність	
Пункт **11.5.3**	Замінений новим текстом з вимогами до випробувань металевого корпусу на непроникність надуванням повітрям	
Підрозділ **11.5**	Доповнений новим пунктом **11.5.5** з вимогами до проведення випробувань на непроникність корпусу і корпусних конструкцій капілярним методом	
Пункт **11.6.1**	Доповнений вимогами до випробувань на непроникність корпусів суден, виготовлених із термопластики	
Пункти **11.7.1** і **11.7.1.6.3**	Доповнений вимогами до випробувань на міцність корпусів суден, виготовлених із термопластики, скиданням з висоти	
Пункти **11.7.1÷11.7.6**	Повністю переопрацьовані щодо вимог до випробувань на міцність суден з надувним і жорстким корпусом із заміною номерів на **11.7.1÷11.7.5**	ДСТУ EN ISO 6185:2019
Пункт **11.7.7**	Номер пункту замінено **11.7.6**, доповнений новим підпунктом щодо запису результатів випробувань до протоколу	
Пункт **11.7.8**	Номер пункту замінено **11.7.7**	
Пункт **11.7.9**	Номер пункту замінено **11.7.8**	
Частина II	Доповнена новим **Додатком M** з вимогами до конструкції штевнів і кілів	
	Доповнена новим **Додатком N** з вимогами до навантажень на транець глісуючого судна	ДСТУ EN ISO 12215-5:2019

ЧАСТИНА II. КОРПУС

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 СФЕРА ПОШИРЕННЯ

1.1.1 Ця частина Правил класифікації та побудови малих суден, надалі Правил, якщо не обумовлене інше, поширюється на судна, експлуатація яких здійснюється у водотоннажному, глісуючому або перехідному режимах.

1.1.2 Ця частина Правилзастосовується до суден, максимальна швидкість руху яких не перевищує 50 вузлів (90км/год) у водотоннажному стані при повному навантаженні.

1.1.3 Корпуси суден, які здатні здійснювати плавання зі швидкістю більшій, ніж вказаній в **1.1.2**, а також корпуси суден на підводних крилах, повітряній подушці і швидкісних катамаранів повинні бути виконані з урахуванням вимог «Правил класифікації та побудови високошвидкісних суден» Регістру судноплавства України, надалі Регістр.

1.1.4 Ця частина Правил, якщо не обумовлене інше, поширюється на судна і плавучі споруди, співвідношення головних розмірів яких не виходять за межі, зазначені в таблицях 1.1.4-1 і 1.1.4-2.

Таблиця 1.1.4-1 **Співвідношення довжини корпусу судна до висоти борту**

<table>
<tr><th rowspan="3">Матеріал корпусу</th><th colspan="8">Райони плавання*</th></tr>
<tr><th colspan="3">Морські</th><th colspan="5">Прибережні ПМ, ПЗ, ПР</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Необмежений
М</th><th colspan="2">Обмежений</th><th rowspan="2">1</th><th rowspan="2">2</th><th rowspan="2">3</th><th rowspan="2">4</th><th rowspan="2">5</th></tr>
<tr><th>MR1</th><th>MR2</th></tr>
<tr><td>Сталь</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">19</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">21</td><td rowspan="2">22</td><td colspan="3" rowspan="2">23</td></tr>
<tr><td>Алюмінієві сплави</td></tr>
<tr><td>АВ-пластик</td><td colspan="8" rowspan="2">6 ÷ 10</td></tr>
<tr><td>Термопластик</td></tr>
<tr><td>Дерево</td><td colspan="3" rowspan="4">Плавання
не передбачене</td><td colspan="5">9</td></tr>
<tr><td>Армоцемент</td><td colspan="2" rowspan="3"></td><td colspan="3">6</td></tr>
<tr><td>Каркасно-тканинні</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">8</td></tr>
<tr><td>Надувні</td><td colspan="3">10</td></tr>
</table>

Таблиця 1.1.4-2 **Співвідношення ширини корпусу судна до висоти борту**

<table>
<tr><th rowspan="3">Матеріал корпусу</th><th colspan="8">Райони плавання*</th></tr>
<tr><th colspan="3">Морські</th><th colspan="5">Прибережні ПМ, ПЗ, ПР</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Необмежений
М</th><th colspan="2">Обмежений</th><th rowspan="2">1</th><th rowspan="2">2</th><th rowspan="2">3</th><th rowspan="2">4</th><th rowspan="2">5</th></tr>
<tr><th>MR1</th><th>MR2</th></tr>
<tr><td>Сталь</td><td colspan="3" rowspan="4">2,5</td><td colspan="3" rowspan="2">3</td><td colspan="3" rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>Алюмінієві сплави</td></tr>
<tr><td>АВ-пластик</td><td colspan="3" rowspan="2">3</td><td colspan="2" rowspan="2">3,5</td><td rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>Термопластик</td></tr>
<tr><td>Дерево</td><td colspan="3" rowspan="4">Плавання
не передбачене</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">3,5</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Армоцемент</td><td colspan="2" rowspan="3"></td><td colspan="4">3</td></tr>
<tr><td>Каркасно-тканинні</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">2,5</td></tr>
<tr><td>Надувні</td><td colspan="4">5</td></tr>
</table>

Примітка. *Позначення районів плавання, вказаних в табл. 1.1.4-1 і табл. 1.1.4-2, згідно **2.2.5.7** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

1.1.5 Норми і вимоги цієї частини Правил застосовуються до суден, рух яких у глісуючому або перехідному режимі здійснюється при хвилюванні з висотою хвиль не більше $h_{3\%} \leq 0{,}04L_{\text{Н}}$, м.

Міцність корпусу судна, рух якого в глісуючому або перехідному режимі передбачається при більшому хвилюванні, повинна бути підтверджена відповідними розрахунками, виконаними за методикою, погодженою з Регістром.

1.2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

1.2.1 Терміни і визначення, що є загальними для всіх частин Правил, викладені в **1.2, 1.3.4.5 ÷ 1.3.4.7** і **1.3.4.10** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

1.2.2 Нижче наведені визначення, позначення та скорочення, загальні для цієї частини Правил.

1.2.2.1 Загальні визначення:

Баластовий кіль – важкий фальшкіль, як правило на вітрильному судні, перешкоджаючий крену і/або перекиданню судна.

Примітки:

1. Маса баластового кіля, яка використовується в розрахунках цієї частини Правил, включає в себе плавник і бульб, при його наявності. Якщо на судні встановлено два або більше баластових кілей, то приймається загальна маса кілей.

2. *Плавником* називається вертикальна частина кіля від місця його кріплення до корпусу (через *основу* або *фланець*) до нижньої частини кіля, на якій можуть розташовуватися бульб або *крило* (горизонтальна частина кіля).

Водотоннажне судно – судно, для якого усі сили підтримування або більша їх частина створюються за рахунок сил виштовхування з води і для якого у водотоннажному стані при повному навантаженні виконується умова:

$\upsilon/\sqrt{L_{\mathrm{WL}}} < 5$, де υ - максимальна швидкість судна в вузлах.

Водотоннажний режим – режим руху судна, при якому воно утримується на поверхні води за рахунок плавучості корпусу.

Глісуюче судно – (для цілей цієї частини Правил) судно, основним режимом плавання якого є глісуючий режим і для якого у водотоннажному стані при повному навантаженні виконується умова:

$\upsilon/\sqrt{L_{\mathrm{WL}}} \geq 5$, де υ - максимальна швидкість судна в вузлах.

Глісуючий режим – режим ходу судна, при якому воно ковзає по поверхні води і при цьому сила підтримування обумовлена головним чином реакцією води, яка діє на днище, а дія гідростатичних сил незначна.

Глісуюче судно на тихій воді рухається, як правило, в режимі глісування. Глісуюче судно може суттєво знизити свою швидкість на хвилюванні і у такому випадку може перейти у водотоннажний режим.

Ламінат – матеріал, утворений послідовно з'єднаними шарами смоли (в’язуючого) і волокна або іншого армуючого матеріалу.

Мідель (мідель – шпаенгоут) – лінія перерізу теоретичного корпусу вертикальною площиною, перпендикулярної ДП судна на половині довжини по ватерлінії L_{WL}.

Носовий і кормовий перпендикуляри – вертикальні лінії в діаметральній площині судна, що обмежують довжину L_{WL}. Носовий перпендикуляр проводиться з точки перетину конструктивної ватерлінії (*КВЛ*) і передньої крайки форштевня судна.

Пластик, армований волокном (АВ – пластик) – пластик, що складається з двох компонентів: армуючого волокнистого матеріалу виготовленого на основі скла, вуглецю або араміду, і в’язуючої речовини у вигляді термореактивних і термопластичних смол, полімерів і т.п речовин.

Пластина – частина обшивки або настилу, яка обмежена ребрами або елементами жорсткості чи власною кромкою.

Ребро жорсткості – елемент жорсткості у вигляді профільної або штабової балки для підкріплення пластини.

Термопластик – полімерний матеріал, механічні властивості див. **Додаток D** до частини XII «Матеріали» цих Правил та **6.11** частини XIII «Матеріали» Правил класифікації та побудови морських суден.

Холодноформований ламінат з дерева – ламінат з дерева, утворений тонкими шарами з однієї і тієї ж або з подібними характеристиками деревини, покладеними на стапель-кондуктор, звичайно з чергуванням шарів, паралельними один одному основними шарами і перпендикулярними їм проміжними шарами, які з’єднані між собою смолою або клеєм.

Шпація – відстань між сусідніми ребрами жорсткості основного набору. Для шпангоутів застосовується термін поперечна шпація. Для поздовжніх ребер жорсткості застосовується термін поздовжня шпація, яка також може бути прийнята рівною відстані між поздовжніми гофрами або

вигинами обшивки, якщо вони є конструктивними елементами жорсткості (див. **3.2.1.4**). Способи вимірювання шпації див. **3.2.2.1**.

1.2.2.2 Інші терміни, які зустрічаються в цій частині Правил, викладені в **4,2, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2, 10.1.2, 10.2.1 і 11.2**. Визначення та скорочення, які стосуються матеріалів корпусу з пластику, армованого волокном, наведені у **5.2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

1.2.2.3 Умовні позначення, які використовуються у цій частині Правил, наведені в **1.3.4.10.1** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден. Інші фундаментальні та найбільш часто використовувані умовні позначення, (надалі УП), наведені в табл. 1.2.2.3. Індекс «*i*» у «споріднених» позначеннях (наприклад, F) означає, що змінність призначення УП в залежності від вмісту індексу (наприклад, F_4 - є сила удару по кілю в **2.6.2.4**).

Таблиця1.2.2.3 **Умовні позначення, фактори, параметри**

УП	Од. вим.	Визначення
		Основні дані судна
A_S	м^2	Проектна площа парусності
L_H	м	Довжина корпусу (довжина найбільша)
L_{WL}	м	Довжина по ватерлінії
L	м	Довжина розрахункова [1]
B_i	м	Ширина корпусу
D	м	Висота борту розрахункова[2]
T	м	Осадка судна розрахункова[3]
υ	вуз	Швидкість судна
m_i	кг	Маса судна або елементу його корпусу
		Розміри і характеристики корпусу та його елементів
A_D	м^2	Площа пластини, яка розглядається
A_i	см^2, мм^2	Площа поперечного перерізу елементу корпусу
b	мм	Менший розмір пластини (вздовж короткої сторони)
b_i	мм	Ширина різних елементів корпусу
c, c_u	мм	Стрілка прогину пластини, стрілка прогину ребра жорсткості
l	мм	Більший розмір пластини (вздовж довгої сторони)
l_u	мм	Довжина прогону ребра жорсткості, шпангоута
s	мм	Шпація поздовжня або поперечна
t_i	мм	Товщина пластин або елементів рёбер жорсткості
d_i	мм	Діаметркріплення або елементів корпусу
W_i	см^3, мм^3	Момент опору поперечного перерізу корпусу або його елементу
I_i	см^4, мм^4	Момент інерції площі поперечного перерізу елементу корпусу
Q_i	см^3, мм^3	Статичний момент площі поперечного перерізу елемента корпусу
		Розрахункові дані: фактори, тиски, параметри, напруження
F_i	Н	Сила або зусилля, що діє на корпус або його елемент
M_i	Н·м	Згинальний момент, що діє на корпус або його елемент
P_i	кН/мм^2	Розрахунковий тиск на обшивку або настил корпусу
q	Н/мм	Деформація зсуву
σ_d	Н/мм^2	Допустиме нормальне напруження
σ_u	Н/мм^2	Границя міцності (при вигині, стисненні, розтягуванні)
σ_y	Н/мм^2	Границя плинності[4]
τ_d	Н/мм^2	Допустиме дотичне напруження
τ_u	Н/мм^2	Границя міцності при зсуві
E	Н/мм^2	Модуль нормальної пружності (при вигині, стисненні, розтягуванні)
G	Н/мм^2	Модуль пружності при зсуві
//	-	Індекс механіч. властивостей анізотропного матеріалу вздовж волокон
$\perp$	-	Індекс механіч. властивостей анізотропного матеріалу поперек волокон
w	кг/м^2	Маса армуючоговолокна в 1м^2 ламінату
ψ	-, %	Вміст скла (волокон) в масі ламінату
θ	-, %	Вміст скла (волокон) в об’єміламінату

Закінчення таблиці 1.2.2.3 **Умовні позначення, фактори, параметри**

УП	Од. вим.	Визначення
[1]L– довжина корпусу розрахункова визначається за формулою в м: $L = 0{,}5(L_H + L_{WL})$. [2]D– висота борту розрахункова в м визначається як: $D = D_{max}$, або для суден з плавниковим кілем: $D = T_C + Z$, де Z – висота лінії борту над КВЛ. [3]T – осадка судна розрахункова, або, для суден з плавниковим кілем, рівною T_C (див. **1.3.4.10.2.18** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.). [4]Границя плинності, звичайно позначається як R_{eH}, для цілей цієї частини Правил позначається як σ_y.		

1.2.2.4 В цій частині Правил використовуються наступні скорочення:
ДП – діаметральна площина; ОП – основна площина;
КВЛ (ВЛ) – конструктивна ватерлінія (ватерлінія); РЖ – ребро жорсткості.

1.3 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

1.3.1 Вимоги цієї частини Правил, як правило, засновані на припущенні, що в'язі корпусу сприймають переважно місцеві навантаження. Одначе, за необхідності, може бути виконаний розрахунок загальної міцності корпусу судна згідно з вимогами розділу **9**.

1.3.2 Ця частина Правил встановлює вимоги до малих суден, виходячи із припущення, що буде забезпечуватися експлуатація судна з дотриманням загальноприйнятих норм судноводіння і безпеки при погодних умовах, які відповідають призначеному району плавання.

1.3.3 Судна, характеристики корпусу яких виходять за межі викладеного в підрозділі **1.1,** підлягають розгляду Регістром, з урахуванням вимог розділу **9**, на підставі розрахунків загальної і місцевої міцності, виконаних стосовно до розрахункових навантажень згідно **2.4** і розподілу мас і навантажень по довжині судна.

1.3.4 Визначення елементів корпусу для суден, зазначених у підрозділі **1.1**, може бути виконане відповідно до вимог розділу **9**, на підставі розрахунків загальної і місцевої міцності, виконаних стосовно до розрахункових навантажень згідно **2.4** і розподілу мас і навантажень по довжині судна.

1.3.5 Корпуси суден із залізобетону повинні бути виконані відповідно до вимог «Правил побудови корпусів суден і плавучих споруд з використанням залізобетону».

1.4 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ КОРПУСУ

1.4.1 Корпус судна, експлуатація якого здійснюється у водотонажному режимі, може бути виготовлений зі сталі, алюмінієво-магнієвих сплавів, АВ - пластику, термопластику, дерев'яних матеріалів, армоцементу чи залізобетону, або композитної конструкції з перерахованих матеріалів, а також надувним або каркасно-тканинним.

1.4.2 Корпус судна, експлуатація якого здійснюється в глісуючому або перехідному режимах, може бути виготовлений зі сталі, алюмінієво-магнієвих сплавів, АВ - пластику, термопластику, дерев'яних матеріалів, або композитної конструкції з перерахованих матеріалів, а також надувного типу (включаючи судно з надувним і жорстким корпусом).

1.4.3 Характеристики матеріалів, що рекомендуються до застосування для виготовлення корпусів суден, наведені в частині XII «Матеріали» цих Правил.

1.4.4 Коефіцієнт використання механічних властивостей для металевих матеріалів (тільки для цілей Додатку М)

.1 Сталь

Коефіцієнт використання механічних властивостей η у формулах, наведених у **Додатку М** цієї частини Правил, приймається рівним $\eta = 1$ якщо використовується звичайна корпусна конструкційна сталь нормальної міцності з границею плинності при розтягуванні $\sigma_y = R_{eH} = 235$МПа (Н/мм^2) і з границею міцності при розтягуванні $\sigma_{ut} = R_m = 400 \div 520$МПа (Н/мм^2). При застосуванні сталей підвищеної міцності коефіцієнт використання механічних властивостей η може прийматися за табл. 1.4.4.1 або за формулою (1.4.4.1-1), а при застосуванні сталей з границею плинності менше 235МПа, які можуть бути допущені за узгодженням з Регістром – за формулою (1.4.4.1-2), див. також **2.2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Таблиця 1.4.4.1

R_{eH}, МПа	η
235	1,0
315	0,78
355	0,72
395	0,66

Коефіцієнт використання механічних властивостей для сталей з границею плинності R_{eH} > 235МПа, крім зазначених в табл. 1.4.4.1, може бути визначений за формулою:

$$\eta = 295/(R_{eH} + 60) \qquad (1.4.4.1\text{-}1)$$

Якщо для конструкцій використовується сталь з границею плинності R_{eH} < 235МПа, які можуть бути допущені за узгодженням з Регістром, коефіцієнт використання механічних властивостей сталі може бути визначений за формулою:

$$\eta = 235/R_{eH} \qquad (1.4.4.1\text{-}2)$$

.2Алюмінієві сплави

Коефіцієнт використання механічних властивостей η_{al} у формулах, наведених у **Додатку М** цієї частини Правил, для алюмінієвих сплавів може бути визначений за формулою:

$$\eta_{al} = 635/(R_{p0,2} + R_m) \qquad (1.4.4.2\text{-}1)$$

де: $\sigma_y = R_{p0,2}$ - границя плинності при розтягуванні, МПа;
$\sigma_{ut} = R_m$ - границя міцності при розтягуванні, МПа.
При визначенні η_{al} значення $R_{p0,2}$ не повинне прийматися більшим за $0{,}7R_m$.

Примітка. У цій частині Правил $R_{p0,2}$ і R_{eH} позначаються також як σ_y, а R_m як σ_{ut}.

1.4.5 Визначення розмірів елементів корпусу, виготовлених з алюмінієвих сплавів (тільки для цілей Додатку М)

Розміри в'язей з алюмінієвих сплавів повинні визначатися перерахунком відповідних розмірів в'язей сталевих конструкцій.

Перерахунок необхідно робити за формулами, зазначеними у табл. 1.4.5 без урахування обмежень мінімальних розмірів в'язей сталевих конструкцій.

Таблиця 1.4.5

Параметри конструктивних елементів	Розрахункові формули
Товщина зовнішньої обшивки настилу палуби (без покриття), обшивки перегородок, внутрішніх вигородок та інших деталей з листів	$s_1 = s\sqrt{R_{eH} / R_{p_{0,2}}}$ – для надбудов; $s_1 = 0{,}9s\sqrt{R_{eH} / R_{p_{0,2}}}$ – для основного корпусу
Момент опору поперечного перерізу балок	$W_1 = W \cdot R_{eH} / R_{p0,2}$
Площа перерізу пілерсів	$f_1 = f \cdot R_{eH} / R_{p0,2}$
Момент інерції поперечного перерізу пілерсів і балок	$I_1 = 3I$

Примітка.
$R_{p_{0,2}}$ – границя плинності алюмінієвого сплаву, МПа;
R_{eH}– границя плинності для сталі, МПа.

У цих Правилах $R_{p0,2}$ і R_{eH} позначаються також як σ_y.

1.5 ШПАЦІЯ

1.5.1 При поперечній системі наборушпація металевих (сталевих, із легких сплавів) і дерев'яних корпусів суден не повинна перевищувати значення, м:

$$s_0 \leq 0{,}01 \cdot L_{\text{Н}} + 0{,}25 \qquad (1.5.1)$$

Відхилення від нормальної шпації в середній частині судна допускається в межах ± 25%, відхилення більше зазначеної величини може бути допущене за умови надання Регістру необхідних розрахунків за методикою, погодженою із Регістром.

1.5.2 Шпація суден із пластика, армованого волокном, а також із термопластиків визначається згідно **5.3.1.**

1.5.3 Визначення шпації при нерівномірно встановленому наборі визначається згідно **3.2.2.1.**

1.5.4 Додаткові вимоги до шпації суден із легких сплавів наведені в **4.7.2.**

2. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

2.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1.1 Розрахункові навантаження, що діють на корпус та його окремі конструкції, підлягають визначенню відповідно до умов експлуатації та вимог технічного завдання замовника, незалежно від матеріалу корпусу.

2.1.2 Методи визначення розрахункових навантажень прийняті згідно ДСТУ ENISO 12215-5 для однокорпусних суден. Методи ґрунтуються на вхідній інформації: розмірах і даних, зазначених у **2.2** і коригувальних факторах, які визначаються згідно **2.3**. На їх основі визначення підсумкових розрахункових навантажень для різних типів суден, районів плавання та зон судна виконується згідно **2.4**.

2.1.3 Особливості визначення розрахункових навантажень для багатокорпусних суден наведені в **2.5**.

Особливості визначення розрахункових навантажень, пов'язаних з баластовими кілями, наведені в **2.6**.

2.1.4 Розрахункові навантаження можуть бути визначені іншими методиками, ніж викладені в цій частині Правил, якщо ці методики визнані Регістром, або є методиками, які викладені в міжнародних стандартах ISO, EN ISO.

2.2 РОЗМІРИ І ДАНІ ДЛЯ СУДНА

2.2.1 Розміри

Якщо не зазначено інше, всі розміри вимірюються для судна при максимальному навантаженні. Особливості визначення деяких розмірів та параметрів:

B_{C} - ширина по скулі, що вимірюється, як показано на рис. 2.2.1, на відстані $0{,}4L_{\text{WL}}$ до носу від кормового перпендикуляру;

$\beta_{0,4}$ - кут кілеватості, який вимірюється в перерізі $0{,}4L_{\text{WL}}$ до носу від кормового перпендикуляру (див. рис. 2.2.1) і повинен прийматися рівним дійсному та знаходитися в межах $10° \leq \beta_{0,4} \leq 30°$.

При $\beta_{0,4} < 10°$ - приймається 10°, а при $\beta_{0,4} > 30°$ - приймається 30°.

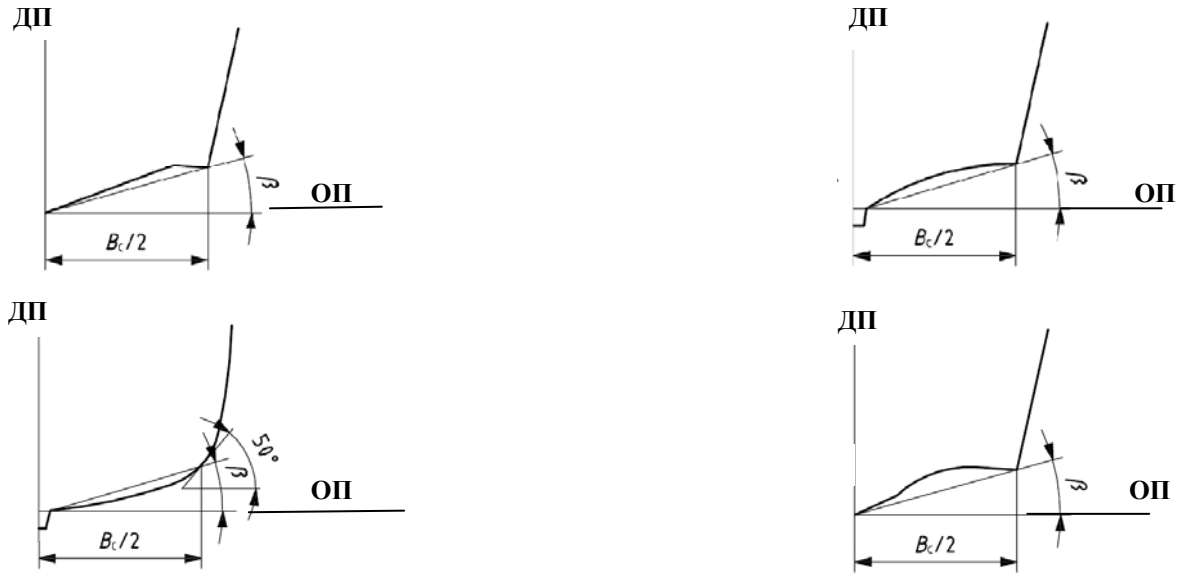


Рис. 2.2.1. Вимірювання ширини по скулі B_C та кута кілеватості $\beta_{0,4}$.
Примітка. Для закругленої скули ширина по скулі визначається в точці зовнішньої обшивки, де дотична до неї складає кут до ОП 50°

v - для моторних суден максимальна швидкість на тихій воді згідно проекту при водотоннажності у повному навантаженні. Ця швидкість не повинна прийматися менше, ніж $2{,}36\sqrt{L_{WL}}$.

Швидкість повинна наводитися у вузлах. Для вітрильного судна немає необхідності вказувати швидкість.

2.2.2 Зони

2.2.2.1 Зовнішня обшивка, палуби і надбудови поділяються на різні зони за ступенем вимог, що пред'являються: днище, борт, палуба і надбудова (див. рис. 2.2.2.1).

Зона днища – частина зовнішньої обшивки нижче конструктивної ватерлінії. Частина транця нижче конструктивної ватерлінії розглядається як днище. Для суден з АВ-пластику днищем також вважається частина зовнішньої обшивки на 0,15м вище конструктивної ватерлінії.

Зона борту – частина зовнішньої обшивки, включаючи транець, який не є районом днища.

Зона палуби – ділянки палуби, відкриті для атмосферного впливу та доступні для ходіння, включаючи днище кокпіту та горизонтальні поверхні банок і зон відпочинку.

Зона надбудови – зона надбудови включає всі зони вище рівня палуби. У табл. 2.3.7 наведено деталізацію зон надбудови.

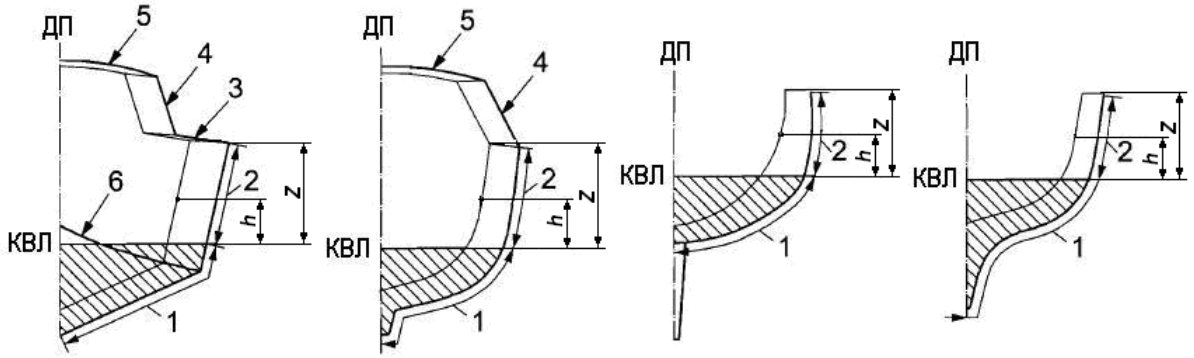


Рис. 2.2.2.1. Визначення зон для судна
Позначення: 1 – днище (заштрихована частина); 2 – борт; 3 – палуба; 4 – надбудова; 5 – палуба надбудови; 6 – лінія зламу на скулі.

2.2.2.2 Пластина, яка знаходиться в одній зоні або перетинає дві зони, повинна оцінюватися таким чином:

1) там, де пластина або ребро жорсткості знаходяться повністю в межах однієї певної зони, наприклад, на днищі, на борту, на палубі, в надбудові, розрахунковий тиск для них визначається в середній частині пластини або на середині довжини ребра жорсткості;

2) якщо пластина або ребро жорсткості знаходяться у двох зонах, наприклад, на днищі і на борту, розрахунковий тиск для них визначається як постійний тиск по всій площі конструкції, розрахований як середньо-арифметичний від двох тисків. Наприклад, для пластини вітрильного судна, 30% якої знаходиться в зоні днища (*b*) і 70% - у зоні борту (*s*), середній тиск становитиме $0{,}3P_b + 0{,}7P_s$, де P_s визначається в середині частини пластини, яка знаходиться над ватерлінією.

Примітка: згідно з **2.4.1.1** для глісуючих моторних суден обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережного **1**-го районів плавання тиск на пластини і ребра жорсткості борту повинен розраховуватися як у глісуючому, так і у водотоннажному режимах, приймаючи далі в розрахунок найгірший випадок. Якщо скула проходить нижче ватерлінії, бортова пластина знаходиться в зоні борту та днища (див. рис. 2.2.2.1). У цьому випадку повинен використовуватися метод 2), описаний вище.

Для більших пластин див. також вимоги **3.3.1.4**.

2.3 ФАКТОРИ, ЩО КОРЕГУЮТЬ ТИСК

2.3.1 Загальні положення

Підсумковий розрахунковий тиск приймається згідно **2.4.1 ÷ 2.4.2** з урахуванням коригувальних факторів і коефіцієнтів, що залежать від конструкції, типу судна і розташування розглянутого елемента.

2.3.2 Коефіцієнт району плавання k_{DC}

Значення коефіцієнта району плавання k_{DC} наведено у табл. 2.3.2, який враховує зміну тиску навантаження залежно від району плавання.

Таблиця 2.3.2 **Значення k_{DC} в залежності від району плавання судна**

Район плавання	**Необмежений М, обмежений морський MR1 і MR2**	**Прибережний**		
		1	**2-4**	**5**
Значення k_{DC}	1	0,8	0,6	0,4

Примітка.Позначення районів плавання, вказаних в табл. 2.3.2, згідно **2.2.5.7** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

2.3.3 Фактор динамічного навантаження n_{CG}

2.3.3.1 Загальні вказівки.

Фактор динамічного навантаження n_{CG} залежить від значення максимального прискорення центру ваги судна при відповідній частоті коливань. Цей фактор характеризує негативне прискорення, коли судно при слемінгу вдаряється об хвилі, або коли судно падає з гребеня хвилі на її підошву.

2.3.3.2 Фактор динамічного навантаження n_{CG} для глісуючих моторних суден у режимі гліссування.

Фактор динамічного навантаження n_{CG} для глісуючих моторних суден у режимі глісування визначається за формулами (2.3.3.2-1) або (2.3.3.2-2).

$$n_{CG} = 0{,}32 \cdot \{[L_{WL}/(10 \cdot B_C)] + 0{,}084\} \cdot (50 - \beta_{0,4}) \cdot (\upsilon^2 \cdot B^2_C)/m_{LDC}, \qquad (2.3.3.2\text{-}1)$$

де: m_{LDC} – маса судна при повному навантаженні, кг;
L_{WL} -див. **1.2.2.3**;
B_C, $\beta_{0,4}$, υ – див. **2.2.1**.

***Примітки*:**

1. Формула (2.3.3.2-1) була виведена на підставі досліду натурних випробувань і тому не вимагає коригування, якщо розміри побудованого судна відрізнятимуться від проектних.

Якщо отримано значення $n_{CG} \leq 3$, воно повинно використовуватися в подальших розрахунках.

Якщо розраховане значення $n_{CG} > 3$, то такий результат повинен бути відкинутий і надалі повинно використовуватися значення, що отримується за формулою (2.3.3.2-2):

$$n_{CG} = \frac{0,5 \times \upsilon}{m_{LDC}^{0,17}} \qquad (2.3.3.2\text{-}2)$$

При цьому $7 \geq n_{CG} \geq 3$, але у будь-якому випадку значення n_{CG} не повинно перевищувати 7,0.

2. Обмеження для n_{CG} прийнято у зв'язку з обмеженням швидкості з метою забезпечення прийнятного комфорту для людей на борту через явище слемінгу і з міркувань безпеки.

3.Згідно п. **1.1.5** цієї частини Правил, рух судна зі швидкістю υ у глісуючому або перехідному режимі здійснюється при хвилюванні з висотою хвиль не більше $\boldsymbol{h_{3\%} \leq 0,04L_H}$, м.

При перевищенні вказаної висоти хвиль, щоб не перевищити верхню межу значення n_{CG}, рекомендується обмежити швидкість судна до значень згідно формули (2.3.3.2-3):

$$\upsilon_R=\{(m_{LDC}/B_C^2) \cdot (3,125 \cdot k_{DYN1} \cdot k_{DC}^{0,5})/[(50 - \beta_{0,4}) \cdot ((h_{1/3}/B_C)+0,084)]\}^{0,5}, \qquad (2.3.3.2\text{-}3)$$

де: $h_{1/3}$- висота істотних хвиль, м, як вона визначена в **1.2.3.2** частини I «Класифікація», із застосовною залежністю:

$h_{3\%}$ =1,32 $h_{1/3}$=1,08 $h_{5\%}$;
$k_{DYN1} = n_{CG}$, визначене за формулами (2.3.3.2-1) і (2.3.3.2-2);
k_{DC} – див. **2.3.2**.
m_{LDC} – маса судна при повному навантаженні, кг;
B_C, $\beta_{0,4}$ – див. **2.2.1**.

4. Для багатокорпусних суден фактор динамічного навантаження n_{CG} не повинен прийматися менше 1,5.

Якщо формула (2.3.3.2-1) дає значення $n_{CG} \geq 3$ тоді необхідно застосовувати формулу (2.3.3.2-2).

5.Рекомендації судновласнику щодо обмеження швидкості судна на хвилюванні, для забезпечення характеристик міцності корпусу, повинні бути внесені до Керівництва для власника судна..

2.3.3.3 Застосування фактора динамічного навантаження n_{CG} для вітрильних суден та водотоннажних моторних суден.

Для вітрильних суден n_{CG} не використовується для визначення тиску. Він використовується тільки в розрахунку k_L (див. **2.3.4**), для цілей використання якого значення n_{CG} повинне прийматися рівним 3,0. Для моторних водотоннажних суден фактор динамічного навантаження визначається за формулою (2.3.3.2-1). Якщо згідно з формулою (2.3.3.2-1) отримане значення $n_{CG} < 3$, то при розрахунку k_L повинно використовуватися значення $n_{CG} = 3,0$.

2.3.4 Коефіцієнт поздовжнього розподілу тиску k_L

Коефіцієнт поздовжнього розподілу тиску k_L враховує зміну тиску навантаження у різних частинах судна за довжиною. Значення коефіцієнта визначається за графіком на рис. 2.3.4 або розраховується за формулою (2.3.4).

Значення k_L залежить від фактора динамічного навантаження n_{CG}, що визначається для моторних суден.

$$k_L = \frac{1 - 0,167 \times n_{CG}}{0,6} \times \frac{x}{L_{WL}} + 0,167 \times n_{CG}, \qquad (2.3.4)$$

але k_L не повинен перевищувати 1,0 при $\frac{x}{L_{WL}} \leq 0,6$ і $k_L = 1$ при $\frac{x}{L_{WL}} > 0,6$,

де: n_{CG} визначається згідно **2.3.3**, але для цілей обчислення k_L коефіцієнт n_{CG} не повинен прийматися менше 3,0 та більше 6,0;

x - поздовжня відстань центру пластини або середини ребра жорсткості до носу від кормового перпендикуляра при водотоннажності з повним вантажем, м. Якщо **x** = 0 або $x = L_{WL}$, це відповідає положенню поперечного перерізу судна, що розглядається, відповідно на кормовому або на носовому перпендикулярі.

Для частин корпусу, що виступають за носовий та кормовий перпендикуляри, приймаються ті ж значення k_L, як на відповідних перпендикулярах.

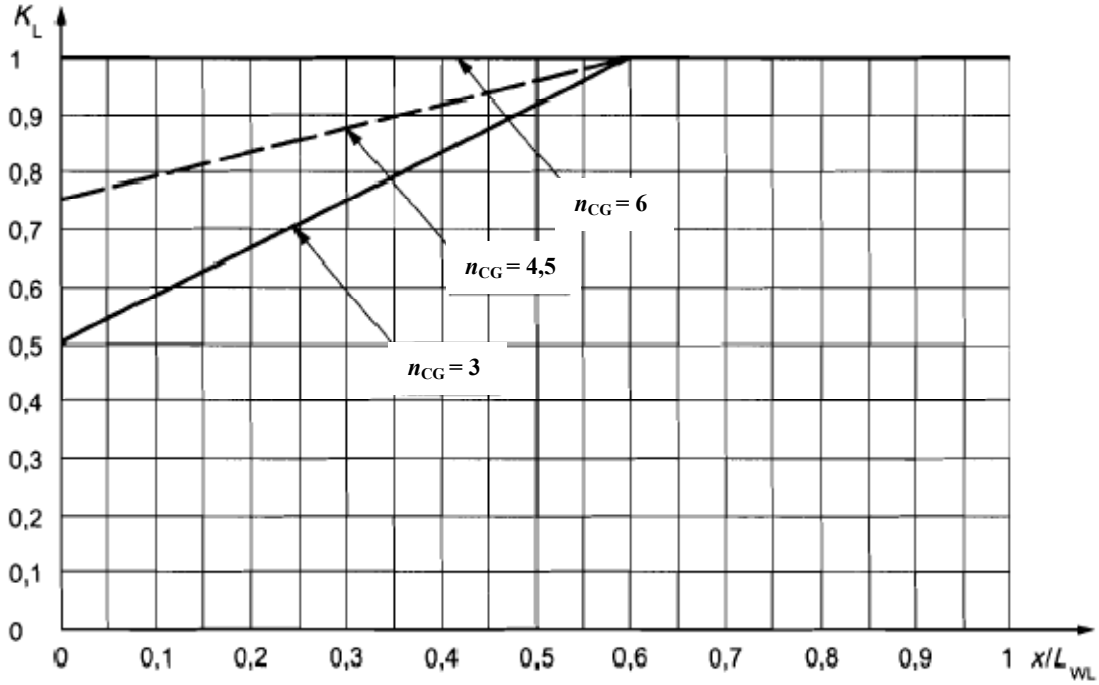


Рис. 2.3.4. Коефіцієнт поздовжнього розподілу навантаження k_L

Примітка до рис.2.3.4. На графіку представлено лише одне проміжне значення n_{CG} між 3 і 6, яке становить 4,5. Для інших проміжних значень k_L визначається шляхом обчислення за формулою (2.3.4) або шляхом інтерполяції за графіком.

2.3.5 Коефіцієнт зниження тиску залежно від площі k_{AR}

2.3.5.1 Розрахунок коефіцієнта

Коефіцієнт k_{AR} коригує розрахунковий тиск на пластину або ребро жорсткості залежно від їх розмірів і визначається за формулою:

$$k_{AR} = \frac{k_R \times 0,1 \times m_{LDC}^{0,15}}{A_D^{0,3}} \qquad (2.3.5)$$

де: k_R – коефіцієнт типу судна для деталей корпусу:

k_R = 1,0 для пластин і ребер жорсткості днища і палуби глісуючи моторних суден, що плавають у глісуючому режимі,

$k_R = 1,5 - 3 \cdot 10^{-4} \cdot b$ - для пластин днища, борту та палуби вітрильних суден, водотоннажних моторних суден та глісуючих моторних суден, що плавають у водотоннажному режимі,

$k_R = 1 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot l_u$ - для ребер жорсткості днища, борту та палуби вітрильних суден, водотоннажних моторних суден та глісуючих моторних суден, що плавають у водотоннажному режимі;

m_{LDC} – маса судна при повному навантаженні, кг;

A_D - площа пластини, що розглядається м^2:

$A_D = (l \cdot b) \cdot 10^{-6}$ для пластин, не повинна прийматися більше величини $2,5 \cdot b^2 \cdot 10^{-6}$,

$A_D = (l_u \cdot s) \cdot 10^{-6}$ для ребер жорсткості, але не менше величини $0,33 \cdot l_u^2 \cdot 10^{-6}$;

b - менший розмір пластини, як визначено в **3.2.1.1**, мм;

l - більший розмір пластини, як визначено в **3.2.1.2**, мм;

s - шпація/відстань між ребрами жорсткості, як визначено в **3.2.2.1**, мм;

l_u - прогін ребра жорсткості, як визначено в **3.2.2.2** та **3.2.2.3**, мм.

2.3.5.2 Максимальне значення k_{AR}

Значення k_{AR} приймається не більше 1,0.

2.3.5.3 Мінімальне значення k_{AR}

Значення k_{AR} не повинно набувати менших значень, наведених у табл. 2.3.5.3.

Таблиця 2.3.5.3 **Мінімальні значення k_{AR}**

Район плавання	**Одношарові пластини та РЖ борту та днища. Одношарові та тришарові пластини та РЖ палуби та надбудови****	**Тришарові пластини борту та днища***		
		$\frac{x}{L_{WL}} \le 0,4$	$0,4 < \frac{x}{L_{WL}} < 0,6$	$\frac{x}{L_{WL}} \ge 0,6$
Необмежений М, обмежені морські MR1 і MR2	0,25 Будь-яке судно Обшивка і палуба	0,4 Будь-яке судно	0,4 <k_{AR}< 0,6	0,5 вітрильне, днище та палуба; 0,5 моторне судно, днище; 0,4 моторне судно, палуба
1-й прибережний	0,25 Будь-яке судно Обшивка і палуба	0,4 Будь-яке судно		0,4 Будь-яке судно
2 ÷ 5 прибережні	0,25 Будь-яке судно Обшивка і палуба	0,4 Будь-яке судно		

*Мінімальне значення k_{AR} відноситься до міцності при згинанні або зсуві і до вимог з деформації.
** Визначення одношарової та тришарової пластин наведено в **5.2.2**.
*** Проміжні значення k_{AR} визначаються шляхом інтерполяції відповідно до зміни відношення x/L_{WL}.

Примітка.Позначення районів плавання, вказаних в табл. 2.3.5.3, згідно **2.2.5.7** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

2.3.6 Коефіцієнт зниження тиску на борт k_Z

Коефіцієнт k_Z враховує зміну розрахункового тиску на борт корпусу судна від тиску на рівні ватерлінії (днища) до тиску на палубу на рівні лінії борту і визначається за формулою:

$$k_Z = \frac{Z - h}{Z} \qquad (2.3.6)$$

де: Z - (див. рис. 2.2.2.1) висота верхньої частини корпусу або лінії борту над ватерлінією судна при водотоннажності у повному вантажі, м;

h - висота центру пластини або середини ребра жорсткості над ватерлінією судна при водотоннажності у повному вантажі, м.

Висота палубної лінії може бути різною для розглянутих пластин і ребер жорсткості в різних поздовжніх положеннях поперечного перерізу судна.

2.3.7 Коефіцієнт зниження тиску на надбудову та рубку k_{SUP}

Коефіцієнт k_{SUP} визначається залежно від місця розташування та типу судна за табл. 2.3.7.

Таблиця 2.3.7 **Значення k_{SUP} для надбудов та рубок**

Положення пластини	**k_{SUP} для вітрильних і моторних суден**	**Застосовність**
Лобове	1	Будь-яка зона
Бокове	0,67	Зона, де ходять люди
Бокове	0,5	Зона, де не ходять люди
Заднє, на кормі	0,5	Будь-яка зона
Верхнє, ≤ 0,8м вище палуби	0,5	Зона, де ходять люди
Верхнє, > 0,8м вище палуби і верхнього ярусу*	0,35	Зона, де ходять люди
Вище верхнього ярусу*	Не застосовується	Зона, де не ходять люди
* Верхнім ярусом вважається елемент, який не піддається атмосферному впливу.		

2.3.8 Коефіцієнт корекції тиску для легкого та остійного вітрильного судна при слемінгу k_{SLS}

Цей коефіцієнт враховує більш високий тиск при слемінгу, який діє на легке і остійне вітрильне судно при плаванні проти вітру (в бейдевінд). Коефіцієнт k_{SLS} визначається таким чином:

а) прибережні **2 ÷ 5** райони плавання: $k_{SLS} = 1$;

б) інші райони плавання:

$k_{SLS} = 1$, якщо $m_{LDC} > 5L_{WL}^3$;

$k_{SLS} = \left(\frac{10 \times l_{<60} \times L_{WL}^{0,5}}{m_{LDC}^{0,33}}\right)^{0,5}$, якщо $m_{LDC} \leq 5L^3_{WL}$,але не менше 1,

де: $l_{<60}$ – максимальне плече відновлюючого моменту при крені, що не перевищує 60° з урахуванням найбільшого ефекту всіх пристроїв, що відкренюють, таких, як підйомні кілі або рухомий баласт, в стані судна в повному вантажі, м.

Якщо максимальне відновлююче плече припадає на кут крену понад 60°, приймається його значення для крену в 60°. При цьому значення $l_{<60}$ повинне враховувати положення людей, що розміщуються з навітряного борту.

Примітка. Цей коефіцієнт застосовується для суден, які дуже остійні для своєї водотоннажності (за рахунок водяного баласту, баластових кілів, низько розташованого твердого баласту тощо).

Обмеження крену в 60° спрямовано на врахування характеристик остійності, які можуть забезпечуватися у реальних умовах експлуатації, тобто. при крені менше 30°, і не забезпечуються при крені більше 60°.

2.4 РОЗРАХУНКОВІ ТИСКИ НА ОБШИВКУ І НАСТИЛ

2.4.1 Розрахунковий тиск для моторних суден

2.4.1.1 Загальні відомості

.1 Значення тиску на днище для моторних суден повинно прийматися більшим із (див. прим. 1):

• тиску на днище у водотоннажному режимі P_{BMD} згідно **2.4.1.2** або
• тиску на днище в глісуючому режимі P_{BMP} згідно з **2.4.1.3**.

.2 Тиск на борт для моторних суден необженого **M**, обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережного **1-го** районів плавання повинен прийматися більшим із (див. прим.3):

• тиску на борт у режимі P_{SMD} згідно з **2.4.1.4** або
• тиску на борт у глісуючому режимі P_{SMP} згідно з **2.4.1.5.**

Тиск на борт для моторних суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання повинен прийматися таким, що відповідає водотоннажному або глісуючим режимам.

Режим у разі вибирається той, при якому тиск на днище буде більшим (див. прим. 4).

Примітки:

1. Розрахунок тиску за двома варіантами необхідний у зв'язку з тим, що судно, яке зазвичай глісує на тихій воді, на хвилюванні знижує швидкість і, таким чином, може перейти у водотоннажний режим.

2. Для судна в глісуючому режимі, при $\upsilon/\sqrt{L_{WL}} \geq 5$, тиск P_{BMP}, як правило, має більше значення, ніж P_{SMD}.

3. У режимі гліссування тиск на борт може бути меншим, ніж у водотоннажному режимі, так як при гліссуванні тиск на борт змінюється між $0{,}25P_{SMP}$ і тиском на палубу, тоді як у водотоннажному режимі тиск на борт змінюється між днищем і палубою .

4. Для суден прибережного **5** району плавання є невеликий ризик заниження розрахункового тиску на хвилюванні.

Для суден прибережних **2 ÷ 4** районів плавання цей ризик зведений до мінімуму.

2.4.1.2 Тиск на днище моторних суден у водотоннажному режимі P_{BMD}

Розрахунковий тиск на днище моторних суден у водотоннажному режимі P_{BMD}, в кН/м^2, повинен прийматися більшим із наступного:

$$P_{BMD} = P_{BMD\,base} \cdot k_{AR} \cdot k_{DC} \cdot k_L \text{ , або} \qquad (2.4.1.2\text{-}1)$$

$$P_{BM\,min} = 0{,}45\, m_{LDC}^{0{,}33} + (0{,}9 \cdot L_{WL} \cdot k_{DC}), \qquad (2.4.1.2\text{-}2)$$

де: $P_{BMD\,base} = 2{,}4 m_{LDC}^{0{,}33} + 20$, (2.4.1.2-3)

2.4.1.3 Тиск на днище моторних суден у глісуючому режимі P_{BMP}

Розрахунковий тиск на днище моторних суден у глісуючому режимі P_{BMP}, в кН/м^2, повинен прийматися більшим із наступного:

$$P_{BMP} = P_{BMP\,base} \cdot k_{AR} \cdot k_L \text{ , або} \qquad (2.4.1.3\text{-}1)$$

$P_{BM\,min} = 0{,}45 m_{LDC}^{0{,}33} + (0{,}9 \cdot L_{WL} \cdot k_{DC})$, [так само, як у формулі (2.4.1.2-2)], (2.4.1.3-2)

де: $P_{BMPbase}$- базовий тиск на днище моторних суден у глісуючому режимі, кН/м^2, який визначається за формулою:

$$P_{BMP\,base} = \frac{0{,}1 \cdot m_{LDC}}{L_{WL} \times B_C} \times (1 + k_{DC}^{0{,}5} \times n_{CG}) \qquad (2.4.1.3\text{-}3)$$

2.4.1.4 Тиск на борт моторних суден у водотоннажному режимі P_{SMD}

Для зони борту від ватерлінії і вище розрахунковий тиск на борт моторних суден у водотоннажному режимі P_{SMD} повинен прийматися більшим із наступного, кН/м^2:

$$P_{SMD} = \left[P_{DM\,base} + k_Z \times \left(P_{BMD\,base} - P_{DM\,base}\right)\right] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \text{ або} \qquad (2.4.1.4\text{-}1)$$

$$P_{SM\,min} = 0{,}9 \times L_{WL} \times k_{DC} \qquad (2.4.1.4\text{-}2)$$

У судна з суцільною палубою для частин борту, які розташовані вище палуби перегородок, наприклад, для фальшборту, повинен прийматися розрахунковий тиск $P_{SM\,min.}$

2.4.1.5 Тиск на борт моторних суден у глісуючому режимі P_{SMP}

Для району борту від ватерлінії та вище розрахунковий тиск на борт моторних суден у глісуючому режимі P_{SMP} повинен прийматися більшим з наступного, кН/м^2:

$$P_{SMP} = \left[P_{DM\,base} + k_Z \times (0{,}25 \times P_{BMD\,base} - P_{DM\,base})\right] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L, \text{ або} \qquad (2.4.1.5\text{-}1)$$

$P_{SM\,min} = 0{,}9 \cdot L_{WL} \cdot k_{DC}$ [так само, як у формулі (2.4.1.4-2)] (2.4.1.5-2)

У судна з суцільною палубою для частин борту, розташованих вище палуби надводного борту, наприклад, для фальшборту, повинен прийматися розрахунковий тиск $P_{SM\,min.}$

2.4.1.6 Тиск на палубу моторних суден P_{DM}

Розрахунковий тиск P_{DM} на палубу моторних суден повинен прийматися більшим з наступного, кН/м^2:

$$P_{DM} = P_{DM\,base} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L, \text{ або} \qquad (2.4.1.6\text{-}1)$$

$P_{DM\,min} = 5$кН/м^2, (2.4.1.6-2)

де: $P_{DM\,base} = 0{,}35L_{WL} + 14{,}6$,кН/м^2 (2.4.1.6-3)

Для деяких типів суден, наприклад вантажних, стоянкових, тиск на палубу може бути істотно вищим за визначений по вищенаведеним формулам. Розрахунок тиску на палубу в таких випадках повинен бути узгоджений з Регістром.

2.4.1.7 Тиск на надбудови та палубу рубки моторних суден $P_{Sup\,M}$

Для моторних суден розрахунковий тиск $P_{Sup\,M}$, в кН/м^2, для надбудов та рубок, які піддаються атмосферному впливу, повинен прийматися пропорційно тиску на палубу, але не менше $P_{DM\,min}$ для району, де ходять люди:

$$P_{Sup\,M} = P_{DM\,base} \cdot k_{DC} \cdot k_{AR} \cdot k_{SUP} \qquad (2.4.1.7)$$

2.4.2 Розрахунковий тиск для вітрильних суден

2.4.2.1 Тиск на днище вітрильних суден P_{BS}

Тиск на днище P_{BS} для вітрильних суден, повинен прийматисябільшим з наступного,кН/м^2:

$P_{BS} = P_{BS\,base} \cdot k_{DC} \cdot k_{AR} \cdot k_L$, або (2.4.2.1-1)

$P_{BS\,min} = 0{,}35m_{LDC}^{0,33} + 1{,}4L_{WL} \cdot k_{DC}$, (2.4.2.1-2)

де:$P_{BSbase} = (2m_{LDC}^{0,33} + 18) \cdot k_{SLS}$. (2.4.2.1-3)

2.4.2.2 Тиск на борт вітрильних суден P_{SS}

Тиск на борт корпусу вітрильних суден P_{SS} повинен прийматися більшим з наступного, кН/м^2:

$$P_{SS} = \left[P_{DS\,base} + k_Z \times (P_{BS\,base} - P_{DS\,base})\right] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \text{, або} \qquad (2.4.2.2\text{-}1)$$

$$P_{SS\,min} = 1{,}4 \cdot L_{WL} \cdot k_{DC}\text{, але не менше } 5\text{кН/м}^2 \qquad (2.4.2.2\text{-}2)$$

де: $P_{BS\,base}$– базовий тиск на днище вітрильного судна згідно з **2.4.2.1**;
$P_{DS\,base}$ – базовий тиск на палубу вітрильного судна згідно з **2.4.2.3**.

2.4.2.3 Тиск на палубу вітрильних суден P_{DS}

Тиск на палубу вітрильних суден P_{DS} повинен прийматися більшим з наступного, кН/м^2:

$$P_{DS} = P_{DS\,base} \cdot k_{DC} \cdot k_{AR} \cdot k_L\text{, або} \qquad (2.4.2.3\text{-}1)$$

$$P_{DS\,min} = 5\text{кН/м}^2 \qquad (2.4.2.3\text{-}2)$$

де: $P_{DSbase} = 0{,}5 m_{LDC}^{0,33} + 12$, кН/м^2. (2.4.2.3-3)

2.4.2.4 Тиск на надбудову вітрильних суден $P_{Sup\,S}$

Розрахунковий тиск P_{SupS}, в кН/м^2, для надбудов і рубок, які піддаються атмосферному впливу, пропорційно тиску на палубу, але його не слід приймати менше $P_{DS\,MIN}$ для району, де ходять люди.

$$P_{Sup\,S} = P_{DS\,base} \cdot k_{DC} \cdot k_{AR} \cdot k_{SUP}. \qquad (2.4.2.4)$$

2.4.3 Розрахунковий тиск на непроникні перегородки та контур вбудованих цистерн

2.4.3.1 Тиск на непроникні перегородки P_{WB}

Розрахунковий тиск на водонепроникні перегородки, коли вони встановлені, визначається за формулою, кН/м^2:

$$P_{WB} = 7h_B, \qquad (2.4.3.1)$$

де: h_B - напір води в метрах, який вимірюється в такий спосіб (див. рис. 2.4.3.1):

• для пластин - відстань у ⅔ висоти пластини вниз від верхньої крайки перегородки;
• для вертикальних ребер жорсткості - відстань у ⅔ довжини ребра жорсткості вниз від верхньої крайки перегородки;
• для горизонтальних ребер жорсткості - висота вимірюється від верхньої крайки перегородки до ребра жорсткості.

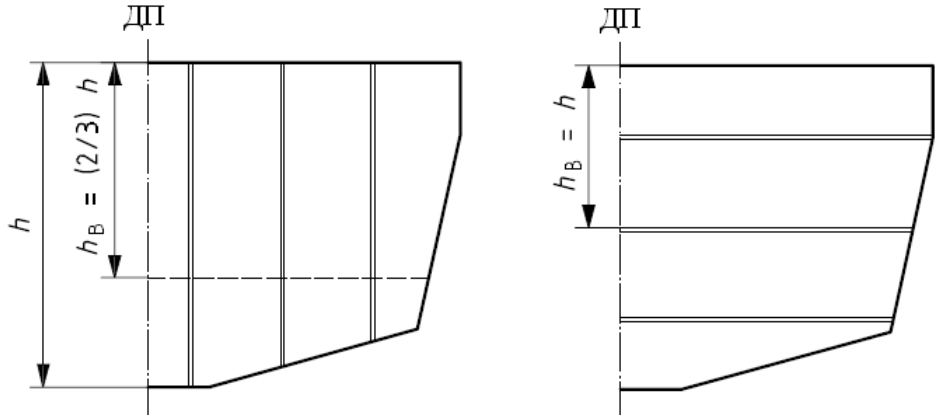


Рис. 2.4.3.1. Непроникні перегородки. Визначення напору.

2.4.3.2 Тиск на перегородки та контур вбудованих цистерн $P_{ТВ}$

Розрахунковий тиск $P_{ТВ}$ визначається за формулою, кН/м^2:

$$P_{ТВ} = 10h_В, \qquad (2.4.3.2)$$

де: $h_В$ - напір води, м, який вимірюється наступним чином (див. рис.2.4.3.2):

- для пластин - відстань від точки, що знаходиться вниз на ⅔ висоти пластини до верху цистерни або верху повітряної трубки, залежно від того, що більше;
- для вертикальних ребер жорсткості - відстань від точки, що знаходиться вниз на ⅔ висоти пластини до верху цистерни або верху повітряної трубки, в залежності від того, що більше;
- для горизонтальних ребер жорсткості – висота вимірюється від ребра жорсткості до верху цистерни або верху повітряної трубки, залежно від того, що більше.

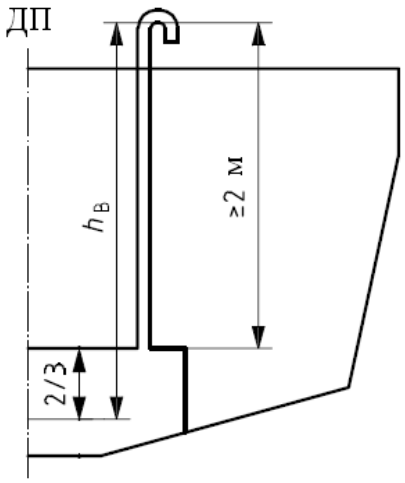


Рис. 2.4.3.1. Вимір розмірів для обчислення тиску на елементи цистерни

Якщо пластини мають різну товщину або поперечний переріз, $h_В$ для кожної пластини повинна вимірюватися до найнижчої точки пластини.

Для визначення розрахункового тиску висота від верху цистерни до верхньої точки повітряної трубки повинна прийматися не менше 2м.

Якщо цистерна обмежується зверху палубою, розрахунок тиску повинен проводитися відповідно до вимог цього пункту.

2.4.3.3 Відбійні перегородки

Цистерни можуть розділятися, за необхідності, внутрішніми перегородками або відбійними перегородками. Перегородки або відбійні перегородки повинні встановлюватися в площині стінок набору (шпангоутів, стрингерів тощо) і повинні мати міцність (момент опору), еквівалентну ребрам жорсткості, які перебували б у цьому перерізі.

Площа перфорації відбійних перегородок і перегородок, як правило, не повинна перевищувати 50% їх загальної площі. Перфорація повинна бути зроблена так, щоб ефективність перегородки в якості опори не порушувалася.

Мінімальні момент опору і момент інерції відбійних перегородок можуть бути знижені до 50% порівняно з необхідними **2.4.3.2** для непроникних конструкцій вбудованих цистерн.

2.4.3.4 Таранні перегородки

Розрахунковий тиск на таранну перегородку повинен прийматися таким самим, як для перегородок вбудованих цистерн згідно з **2.4.3.2**.

2.4.3.5 Проникні перегородки або напівперегородки

Розрахунок тиску на перегородки, які є структурними елементами корпусу, але не є непроникними, не потрібний.

Перегородки та напівперегородки, які не є структурними елементами корпусу, не розглядаються в цьому розділі.

2.4.4 Розрахунковий тиск на конструкції корпусу, для яких $k_{AR} \leq 0,25$

Розрахункові тиски, що визначаються згідно **2.4.1** і **2.4.2**, ґрунтуються на врахуванні динамічного навантаження, яке зазнає судно на швидкості. Динамічна складова навантаження знижується в міру збільшення розміру структурного елемента. Для дуже великих елементів розрахунковий тиск має бути заснований на гідростатичному тиску, так як навантаження від нього приймається як розподілене по всій площі елемента.

«Дуже великий» елемент визначається як пластина або ребро жорсткості, для яких добуток меншого на більший розмір пластини (пластин) або прогону на шпацію ребра жорсткості перевищує значення:

• для конструкцій днища – 30% від добутку $L_{WL} \cdot B_{WL}$;

• для конструкцій борту – 30% від добутку $L_{WL} \cdot D$;

• для конструкцій палуби – 30% від добутку $L_{WL} \cdot B_{WL}$.

У таких випадках, незалежно від значень тисків, отриманих згідно з **2.4.1** і **2.4.2**, розрахунковий тиск не повинен прийматися більш ніж, кН/м^2:

• для конструкцій днища, $0,45 \cdot m_{LDC}^{0,33}$, але не менше 5кН/м^2; (2.4.4-1)

• для конструкцій борту, $0,3 \cdot m_{LDC}^{0,33}$, але не менше 5кН/м^2; (2.4.4-2)

• для конструкцій палуби, 5кН/м^2. (2.4.4-3)

2.5 РОЗРАХУНКОВІ ТИСКИ ДЛЯ БАГАТОКОРПУСНИХ СУДЕН

2.5.1 Розрахункові тиски для багатокорпусних суден можуть прийматися відповідно до вимог цієї частини Правил, що застосовуються до однокорпусного судна. У формулах для розрахунку тисків і поправочних коефіцієнтів повинні задаватися розміри і характеристики найбільшого з корпусів багатокорпусного судна.

2.5.2 При величині кліренсу з'єднувального моста багатокорпусного судна менше, ніж $1,75h_{3\%}$ відповідного району плавання, конструкції з'єднувального моста повинні забезпечувати необхідну міцність при ударі хвиль. Визначення ударних навантажень для цих випадків є предметом спеціального розгляду Регістром.

2.5.3 Для багатокорпусних суден повинні бути враховані навантаження, що виникають при русі на хвилюванні і викликають скручування конструкцій, що з'єднують корпуси судна. Визначення цих навантажень повинно бути виконане для різних курсових кутів до хвилі, з інтервалом через кожні 15° і є предметом спеціального розгляду Регістром.

2.6 БАЛАСТОВІ КІЛІ. РОЗРАХУНКОВІ ВИПАДКИ НАВАНТАЖЕННЯ

2.6.1 Загальні положення

2.6.1.1 Загальні відомості

У цьому підрозділі визначаються розрахункові випадки навантаження, які діють на баластовий кіль, деталі його кріплення до корпусу та на підкріплення корпусу, що підтримують кіль (флори та поздовжні балки).

2.6.1.2 Опис розрахункових випадків навантаження

.1 Допустимі напруження повинні визначатися для кожного випадку навантаження за формулою (3.5.2) з урахуванням регулюючих коефіцієнтів для напруження, наведених у таблицях 3.5.2-1 та 3.5.2-2, і порівнюватися з напруженнями від розрахункових зусиль та моментів, а саме:

• у **2.6.2.1** для випадку навантаження **1** - *нерухомий кіль при перекиданні на 90°*: визначаються відповідні сила F_1 і розрахунковий згинальний момент M_1 при крені в 90° для кіля в місці кріплення болтами та на рівні нейтральної осі. Випадок застосовний для нерухомих кілів, вертикальних або похилих (у разі встановлення на судні двох кілів), та для підйомних/поворотних баластових кілів, встановлених у ДП;

• у **2.6.2.2** для випадку навантаження **2** - *кіль, що коливається*: визначаються відповідні сила F_2 і розрахунковий згинальний момент M_2 при крені в 30° плюс коефіцієнт динамічного навантаження, який застосовується тільки для кілів, що коливаються;

• у **2.6.2.3** для випадку навантаження **3** – *вертикальний тиск на кіль*: визначається розрахункова вертикальна сила F_3;

• у **2.6.2.4** для випадку навантаження **4** - *поздовжній удар по кілю*: визначається розрахункова горизонтальна сила F_4, що характеризує удар кіля в поздовжньому напрямку по нерухомому або плаваючому об'єкту чи об тварину;

• у **2.6.2.5** для випадку навантаження **5**: *відновлення судна після перекидання* - визначається розрахункова вертикальна сила F_5 при крені 90°, яка прикладена на кінчику висувного шверта і характеризує тиск екіпажу на шверт під час випрямлення судна;

• у **2.6.2.6** для випадку навантаження **6** - *зусилля на висувний шверт внаслідок лавірування судна*: визначається поперечна горизонтальна сила F_6, що діє на висувний шверт або шверці, що опускаються при курсі вітрильного судна проти вітру;

• у **2.6.2.7** розглядається підсумовування напружень від комбінації навантажень, наприклад, від вигину та кручення (див. також підпункт **.2**).

Примітка. З метою спрощення розрахунків будь-якою плавучістю або підйомною силою баластових кілів (для судна в стані статичного плавання) нехтують, тому всі результати розрахунків мають невелику похибку в безпечний бік.

.2 Для випадків навантаження **1** і **2**, якщо плавник кіля має великий кут стріловидності, центр ваги бульба і/або плавника може бути розташований на значній відстані до носу або до корми від поздовжнього положення ЦВ основи кіля або групи болтів, що кріплять основу кіля. Це буде викликати на додаток до згинального, крутний момент навколо вертикальної осі, що дорівнює масі плавника/бульба, помноженої на горизонтальну поздовжню відстань між центрами ваги плавника/бульба і місця кріплення болтами основи кіля. У такому випадку необхідно буде складати нормальні напруження від вигину з дотичними напруженнями від крутного моменту. Отримані шляхом складання векторів підсумовуючі напруження не повинні перевищувати допустимі напруження, що визначаються за формулою (3.5.2). Див. також вимоги **2.6.2.7.1**.

2.6.1.3 Допущення для випадків навантаження

Вимоги цього підрозділу засновані на припущенні, що навантаження діють на кіль при дотриманні норм судноплавства та безпеки, внаслідок чого екстремальні ситуації (зіткнення, поломки) протягом терміну експлуатації судна тут не розглядаються.

Всі навантаження розглядаються як «статичні» в тому сенсі, що вони застосовуються для розрахунку статичних напружень, що допускаються згідно табл. 3.5.2-1 та табл. 3.5.2-2.

Це передбачає певний взаємозв'язок між статичною та втомною міцністю. Границя втоми передбачає для незварюваних металів зменшені статичні зусилля та концентрацію напружень. Проте, для зварних конструкцій та низькоякісних виробів/конструкцій відповідність «статичному» випадку навантаження не може гарантувати втомну міцність. Для таких випадків процедуру детальної оцінки границі втоми при різних режимах експлуатації наведено в **Додатку I** цієї частини Правил.

Крім того, випадки навантаження розглядаються виходячи з припущення, що болти кріплення кіля (крок і діаметр болтів) широко і рівномірно розподілені на основі плавника або фланця кіля (детальніше див. **3.5.5.4**).

2.6.2 Випадки навантаження

2.6.2.1 Випадок навантаження 1 - нерухомий кіль, перекидання на 90°

Цей випадок відповідає поперечному навантаженню на кіль при перекиданні на 90° (див. рис. 2.6.2.1), який, як правило, призводить до найважчого навантаження від поперечного вигину на нерухомі баластові кілі.

Вертикальна сила, що виникає при перекиданні судна на 90° і прикладена в центрі ваги кіля, визначається за формулою, Н:

$$F_1 = m_K \cdot g \qquad (2.6.2.1\text{-}1)$$

Розрахунковий згинальний момент від кіля в місці його кріплення, Нм:

$$M_{1.1} = F_1 \cdot a \qquad (2.6.2.1\text{-}2)$$

Розрахунковий згинальний момент від кіля на середині висоти флора, Нм:

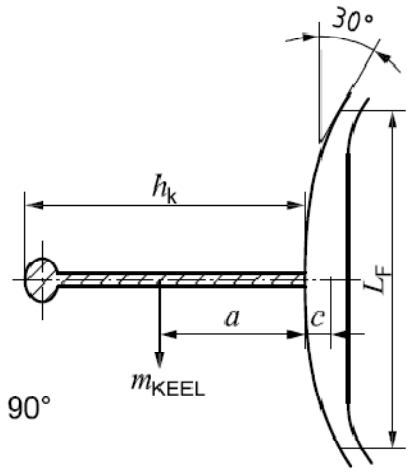
$$M_{1.2} = F_1 \cdot (a + c) \qquad (2.6.2.1\text{-}3)$$

де: m_K - вага кіля, кг;
a - відстань по осі симетрії кіля від його ЦВ до місця його кріплення або переходу в днище, м;
c - відстань по осі симетрії кіля від місця кріплення кіля до середини висоти флора, м;
g - прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81м/с^2.

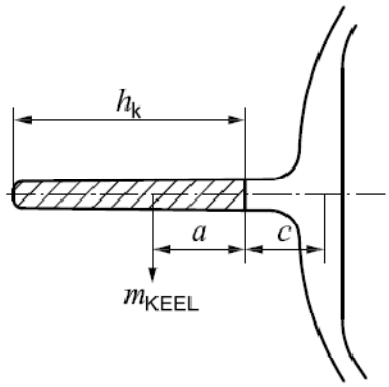
Для конструкції плавного переходу плавника кіля в корпус [див. рис. 2.6.2.1 б)] може виникнути необхідність вибору іншої точки прикладання моменту, яка дасть найгірший випадок навантаження.

Поперечна сила та згинальний момент на кожному флорі, що підтримує кіль, при розрахунку флорів як елементарних балок визначаються згідно з **3.5.4**.

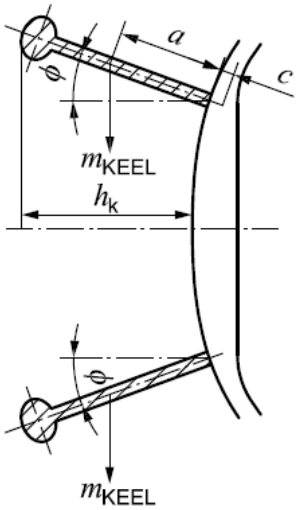
Примітка. Для одиночних нерухомих кілів, якщо їх вісь симетрії збігається з ДП, ці згинальні моменти, визначаються за формулами (2.6.2.1-1 ÷ 2.6.2.1-3) при куті крену 90°. Для двох нерухомих кілів [див. рис. 2.6.2.1 в)] у формули необхідно ввести Cosφ, що враховує кут φ відхилення кілів від ДП, щоб правильно врахувати положення ЦВ таких кілів при перекиданні на 90°.



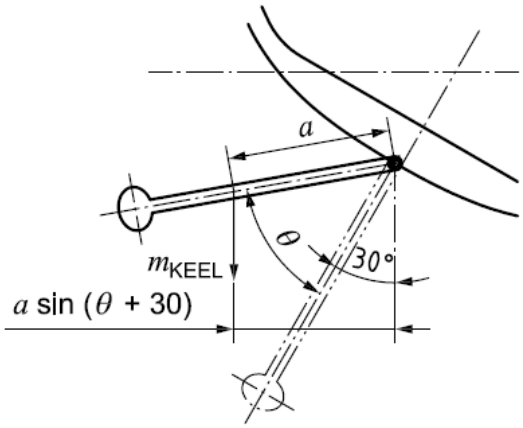
а) Судно з кілем у ДП, накрененим на 90°



б) Судно з кілем у ДП, з'єднаним з плавниковим кілем



в) Судно з двома кілями, при крені на 90°



г) Судно з кілем, що коливається, при крені на 30°

Рис. 2.6.2.1. Ескізи нерухомих кілів і кілів, що коливаються

2.6.2.2 Випадок навантаження 2 - постійне навантаження на кіль, що коливається, при крені 30°

Цей випадок відповідає постійному куту крену 30° судна з кілем, що коливається [див. Рис. 2.6.2.1 г)], що виникає при тривалому вітровому навантаженні. Додатковий динамічний фактор, що враховує несприятливий вплив хвилювання, враховується запровадженням коефіцієнта динамічного навантаження.

Випадок навантаження **2** являє собою звичайний стан вітрильного судна з кілем, який коливається, що йде курсом бейдевінд, для якого коефіцієнт динамічного навантаження збільшується до 40%*, щоб дозволити врахувати незвичайне поєднання рухів жорсткого корпусу і прискорень кіля, що коливається.

Примітка. *Вплив коефіцієнта динамічного навантаження для звичайних умов плавання становить близько 15-20%.

Вертикальна сила, прикладена в ЦВ кіля, визначається за формулою, Н:

$$F_2 = 1{,}4 \cdot m_K \cdot g \qquad (2.6.2.2\text{-}1)$$

Розрахунковий кренувальниймоментвідкиля, що коливається, в місці його кріплення визначається за формулою , Нм:

$$M_{2.1} = F_2 \cdot a \cdot \mathrm{Sin}\,(30^o + \theta) \qquad (2.6.2.2\text{-}2)$$

де: θ - максимальний кут відхилення вертикальної осі кіля від ДП, який не повинен прийматися більше 60° або менше 30°.

Примітки:

1. Нижня границя в 30° задає збільшення навантаження щонайменше на 22% відносно нерухомого кіля.

2. Для занадто тонких плавників кіля, що коливається, особливо виконаних з АВ-пластика може знадобитися врахування явища фляттера (вібрації), що виходить за рамки вимог цього підрозділу.

Для розрахунку навантаження на підтримуючі флори розрахунковий кренувальний момент від кіля визначається як:

$$M_{2.2} = F_2 \cdot [a \cdot \mathrm{Sin}\,(30^o + \theta) + 0{,}5c], \text{ Нм} \qquad (2.6.2.2\text{-}3)$$

У **3.5.4** містяться вказівки про те, як обчислити поперечну силу і згинальний момент для кожної з двох перегородок «мокрого ящика» (рецесу для кріплення кіля) коли вони можуть розраховуватися як елементарні балки.

2.6.2.3 Випадок навантаження 3 – вертикальний тиск на кіль

Цей випадок розглядає вплив вертикального навантаження у зв'язку з постановкою судна в сухий док або при вертикальному торканні ґрунту.

Вертикальна сила тиску, що діє на кінчик кіля у прямому положенні, визначається за формулою, Н:

$$F_3 = g \cdot (m_{LDC} - m_K) \qquad (2.6.2.3)$$

Згинальний момент для цього випадку не визначається, тому що його вплив залежить від конструкції флорів і кіля (кількість, довжина, жорсткість, нерухомість кінчика тощо).

У **3.5.4** міститься інформація про те, як визначати поперечну силу і згинальний момент для кожного флора, коли флори розраховуються як ізольовані балки.

Кріплення кіля, ребер жорсткості днища і конструкція корпусу в цілому повинні витримувати дію вертикальної сили F_3, прикладеної на кінчику баластового кіля і яка проходить через центр ваги кіля, без перевищення напружень, які допускаються, що визначаються в **9.6.2**.

За наявності двох або кількох кілів сила F_3 (100% величини) прикладається на кінчику кожного кіля, так як контакт з ґрунтом (палубою дока) може відбуватися тільки одним кілем. Це означає, що повинен бути прийнятий до уваги згинальний момент для кіля, що коливається (виступає за габарит днища).

Кілі, що коливаються, розглядаються в «нейтральному» положенні (кут відхилення від ДП дорівнює нулю).

Для підйомних кілів ця вимога застосовується для гіршого випадку: в опущеному або піднятому положенні. В опущеному положенні пристрій підйому та кріплення кіля повинен:

• витримувати навантаження від F_3 не перевищуючи допустимі напруження, або

• втягувати кіль без пошкодження системи приводу доки не буде досягнуто крайнього верхнього положення.

2.6.2.4 Випадок навантаження 4 – поздовжній удар по кілю

.1 Передмова

Формула для визначення сили F_4 від удару по кілю визначена на грунті позитивного досвіду побудови та експлуатації суден.

.2 Значення поздовжньої сили та згинального моменту від удару

Конструкція корпусу і кріплення кіля повинна витримувати без перевищення допустимих напружень дію поздовжньої горизонтальної сили F_4, прикладеної до кінчика кіля в передній частині, але не менше ніж на $0{,}2L_{WL}$ нижче конструктивної ватерлінії.

Моменти, наведені у формулах нижче, не застосовуються для визначення згинальних моментів різних флорів, докладніше див. **3.5.4**.

Поздовжня горизонтальна сила удару по кілю визначається за формулою, Н:

$$F_4 = 1{,}2 \cdot g \cdot (m_{LDC} - m_K) \qquad (2.6.2.4\text{-}1)$$

Поздовжній згинальний момент у місці кріплення кіля визначається за формулою, Нм:

$$M_{4.1} = F_4 \cdot h_{F4} \qquad (2.6.2.4\text{-}2)$$

Поздовжній згинальний момент на середині висоти флора визначається за формулою, Нм:

$$M_{4.2} = F_4 \cdot (h_{F4} + c_a) \qquad (2.6.2.4\text{-}3)$$

де: $h_{F4} = \min(h_k; 0{,}2L_{WL})$ в м, приймається меншим з:

- висоти вильоту кіля h_k, що вимірюється паралельно ДП судна між його нижнім кінчиком і місцем кріплення до корпусу судна або приформовування до вбудованого (плавникового) кіля [див. Рис. 2.6.2.1 б)], та

- $0{,}2L_{WL}$, що вимірюється від конструктивної ватерлінії;

c_a - середня вертикальна відстань, м, від місця кріплення кіля до середини висоти стінки флора, який підтримує.

Для кіля, що коливається, h_k вимірюється при кілі, орієнтованому так, щоб отримати максимальну висоту для судна в прямому положенні.

Для двох або кількох кілів F_4 вважається прикладеною до кожного кіля тому, що удар може припасти лише на один кіль, наприклад, при крені.

Для підіймальних кілів h_k вимірюється при повністю опущеному кілі. Пристрій підйому та кріплення кіля повинен витримувати силу F_4 у найгіршому випадку опущеного або піднятого кіля. В опущеному стані піднімальний пристрій повинен:

• витримувати навантаження від F_4 не перевищуючи допустимі напруження або

• втягувати кіль без пошкодження системи приводу доки не буде досягнуто крайнього верхнього положення.

Висувні шверти і підіймальні кілі, які не потрібні для забезпечення остійності згідно з частиною IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил і фіксуються у висунутому положенні, можуть не розглядатися з метою застосування F_4.

2.6.2.5 Випадок навантаження 5 – тиск на висувний шверт при випрямленні судна

Для відновлення після перекидання вітрильного судна, згідно з **5.6** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил, як важіль використовується шверт. Для визначення тиску на шверт вибирається найгірший варіант: сила F_5 або сила F_6, що визначається в **2.6.2.6.**

Вертикальна сила, прикладена на кінчику шверта перекинутого судна, визначається за формулою, Н:

$$F_5 = 80 \cdot 9{,}81 \cdot n_{PR}\,, \qquad (2.6.2.5)$$

де: n_{PR} – мінімально необхідна кількість людей, необхідних для відновлення судна з перекинутого положення відповідно до **5.6.8** частини IV «Остійність, непотоплюваність та надводний борт» цих Правил.

Випадок відображає ситуацію, коли члени екіпажу своєю вагою штовхають вниз кінчик шверта для випрямлення судна. Коефіцієнт 80 відповідає вазі однієї людини в намоклому одязі, кг. У будь-якому випадку найбільше напруження від вигину зазвичай виникає в місці кріплення шверта до корпусу. Шверт повинен розглядатися як повністю висунутий.

2.6.2.6 Випадок навантаження 6 – тиск унаслідок вітру на шверт або шверці при лавіруванні судна

.1 Висувний шверт, що не є баластовим кілем

Сила F_6, що прикладається в центрі бічної поверхні повністю висунутого шверта, що не є баластовим кілем, повинна прийматися більшою з наступного, Н:

$$F_{6.1} = 136 \cdot (0{,}075 \cdot \alpha) \cdot A_{CB} \cdot \upsilon^2 \qquad (2.6.2.6\text{-}1)$$

$$F_{6.2} = e\frac{M_{RUP}}{h_{CE}} \qquad (2.6.2.6\text{-}2)$$

де: α- розрахунковий кут атаки шверта, у градусах, який не повинен прийматись менше 5°;

A_{CB} – площа бічної поверхні шверта (хорда · виліт) у повністю висунутому положенні, коли застосовно, м^2;

υ- максимальна швидкість, у вузлах, судна в стані з мінімальним експлуатаційним навантаженням, m_{MOC}. Якщо швидкість невідома, вона може бути прийнята відповідно до формули:

$$\upsilon = 2{,}5 \times L_{WL}^{0,5} \times \left(\frac{k_{LD}}{6{,}15}\right), \qquad (2.6.2.6\text{-}3)$$

де: $k_{LD} = L_{WL}/(m_{LDC}/1025)^{0,33}$, але k_{LD} не повинен прийматися менше 6,15;

e - частка від загальної бічної сили, що діє на шверт або шверці, залежно від розподілу вкладу шверта, стерна та корпусу судна на протидію дрейфу при ході судна під вітрилами курсом бейдевінд. За відсутності достовірних даних можна приймати e = 0,6;

M_{RUP} - відновлювальний момент під час руху судна проти вітру, який повинен прийматися як момент при куті крену 30°, якщо не зазначено інше, Нм;

h_{CE} – висота над ватерлінією геометричного центру площі парусності, A_S, коли судно знаходиться у вертикальному положенні, що використовується для розрахунку FKR-фактора, який входить в індекс остійності STIX (див. **2.7.5** та рис. 5.7.3 частини IV «Остійність , непотоплюваність та надводний борт» цих Правил).

Сила F_6 прикладається в центрі ваги бічної поверхні шверта, який виступає за габарит корпусу (зазвичай на половині висоти вильоту шверта). Відповідний згинальний момент розраховується шляхом помноження сили F_6 на відстань між точкою її прикладання та точкою, де шверт виходить з корпусу (також зазвичай 0,5 · виліт шверта).

Коефіцієнт 0,075, який використовується у формулі (2.6.2.6-1), застосовується для висувних швертів з симетричним профілем поперечного перерізу і може мати інше значення для несиметричних профілів.

Якщо конструкція шверта не розрахована на напруження, які виникають від сил, що визначаються формулами (2.6.2.6-1) та (2.6.2.6-2) на максимальній швидкості υ, як зазначено вище, інформація про обмеження швидкості при висунутому шверті повинна бути внесена до Керівництва для власника судна.

.2 Баластові підіймальні кілі

Розрахунок міцності таких кілів повинні виконуватися відповідно до всіх застосовних випадків навантаження, зазначених у підпункті **.1** та **2.6.2.7**, як такі, що висувають більш високі вимоги до міцності кріплення підіймальних кілів.

2.6.2.7 Інші випадки навантаження

.1 Загальні відомості

Наведені вище випадки охоплюють більшу частину навантажень, які зазвичай діють на більшість видів кілів та їх кріплень, але не відображають усі можливі випадки навантажень. Виконання вищевказаних вимог не звільняє проектанта чи будівельника від відповідальності за забезпечення міцності кілів та їх кріплення під час проектування.

Нижче викладаються загальні рекомендації для випадків, що виходять за рамки цих Правил, а в розділі **3** пропонуються прості методи для їх розрахунків.

.2 Комбінування вигину та кручення (у випадку перекидання)

Для випадків навантаження **1** і **2**, з великим кутом стріловидності плавника або при зміщенні бульба до корми (або, рідше, до носу), ЦВ бульба/плавника по довжині може бути значно зміщений докорми (або до носу) щодо місця кріплення плавника кіля до корпусу судна (див. попередження у **2.6.1.2.2)**.

Крутний момент істотно ускладнює спрощений підхід, який використовується для оцінки міцності флорів в **3.5.4.** При застосуванні методу кінцевих елементів рекомендується задати модель баластового кіля як каркас елементів жорсткості. Силу ваги кіля слід прикладати в реальному ЦВ кіля (зміщеному до носу або до корми). Див. також **3.5.3.2.3**.

Ефект крутного моменту для напружень в болтах може бути легко визначений за умови завдання осі обертання:

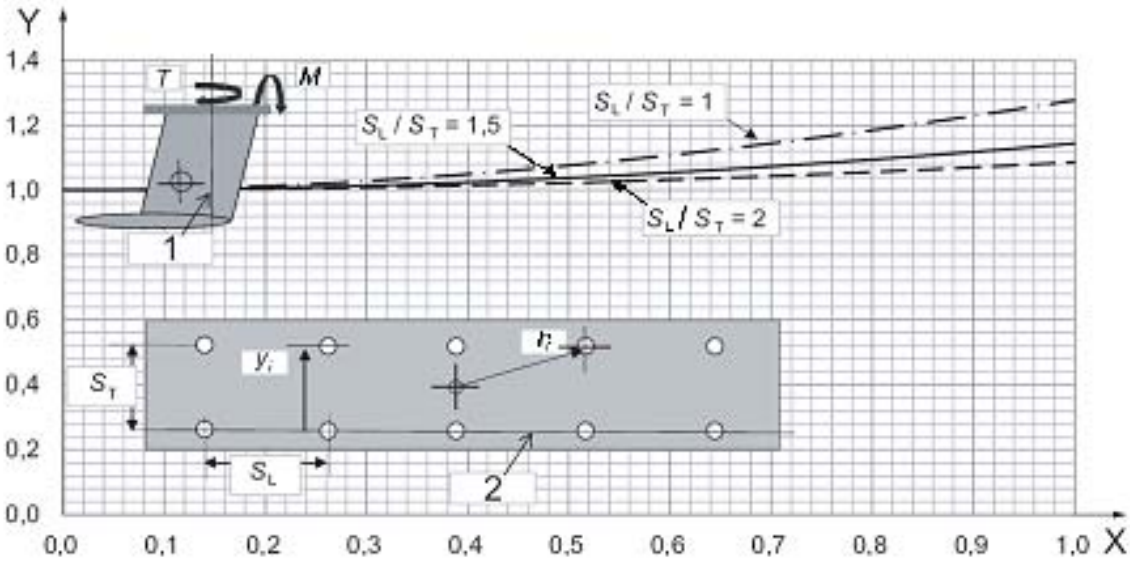
• для крутного моменту *T* - вертикальна лінія, що проходить через ЦВ площі групи болтів кріплення (див. позначення **1** на рис. 2.6.2.7.2);

• для згинального моменту *M* - горизонтальна лінія, що проходить по осі одного з крайніх рядів болтів кріплення (див. позначення **2** на рис. 2.6.2.7.2 та позначення **1** на рис. 3.5.5.4.2), і використовуючи рівняння виду:

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times y_{\max}}{\sum_{1}^{n} a_i \times y_i^2} \qquad (2.6.2.7\text{-}1)$$

$$\tau_{\max} = \frac{T \times r_{i\max}}{\sum_{1}^{n} a_i \times r_i^2} \qquad (2.6.2.7\text{-}2)$$

Графік на рис. 2.6.2.7.2 показує збільшення напруження в болтах при одночасній дії крутного (*T*) і згинального моменту ($M_{1.1}$) для кількості болтів n = 10 (однакової площі перерізу a_i) для кріплення кіля типу «фланець».



Позначення: 1 – вісь крутного моменту (відносно ЦВ кріплення болтів)
2 - вісь стандартного згинального моменту
X - обертовий поперечний згинальний момент
Y – ступінь збільшення напруження Мізеса щодо стандартного напруження при згині.

Рис. 2.6.2.7.2. Вплив крутного моменту на збільшення напруження в болтах під навантаженням. Випадок навантаження **1**

З графіка на рис. 2.6.2.7.2 видно, що крутний момент збільшує напруження Мізеса, зазвичай на 10-20%, при помірному носовому і кормовому зміщенні ЦВ кіля і незмінній масі кіля.

Це збільшення залежить від відношення S_L/S_T, де: S_L і S_T поздовжній та поперечний крок між болтами відповідно (див. рис. 2.6.2.7.2).

Це означає, що помірне зміщення ЦВ кіля може бути дозволене при значенні нормативного коефіцієнта запасу границі плинності болтів не менше 1,2 при дії тільки моменту $M_{1.1}$.

При способі кріплення кіля болтами (детальніше див. **3.5.5**) слід мати на увазі, що для болтів розглядаються тільки нормальні напруження від згинального моменту і напруження зминання від крутного моменту.

Згідно з критерієм Мізеса, еквівалентне напруження (напруження Мізеса) визначається за формулою:

$$\sigma_e=\sqrt{[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2]/2},$$

де: σ_1, σ_2, σ_3 - головні напруження.

Для забезпечення запасу міцності, необхідного в умовах деякої невизначеності та розкидання характеристик матеріалів, параметрів складання та умов експлуатації, остаточний критерій міцності приймемо у вигляді:

$$\sigma_e^{max} \le \sigma_т/k_т,$$

де:
σ_e^{max} – найбільш можливе еквівалентне напруження;
$\sigma_т$ – границя плинності матеріалу болта;
$k_т$ – нормативний коефіцієнт запасу по границі плинності.

.3 Комбінація згинального моменту та вертикального навантаження (випадок навантаження 3)

Випадок навантаження **3** передбачає, що судно знаходиться в такому положенні, коли вертикальна сила проходить через вісь симетрії кіля і не викликає згинальний момент в основі кіля, тому формули в табл. 3.5.4.2.1 будуть справедливими. Проте, не виключено, що судно може «вдаритися» об дно або тверду перешкоду під кутом β.

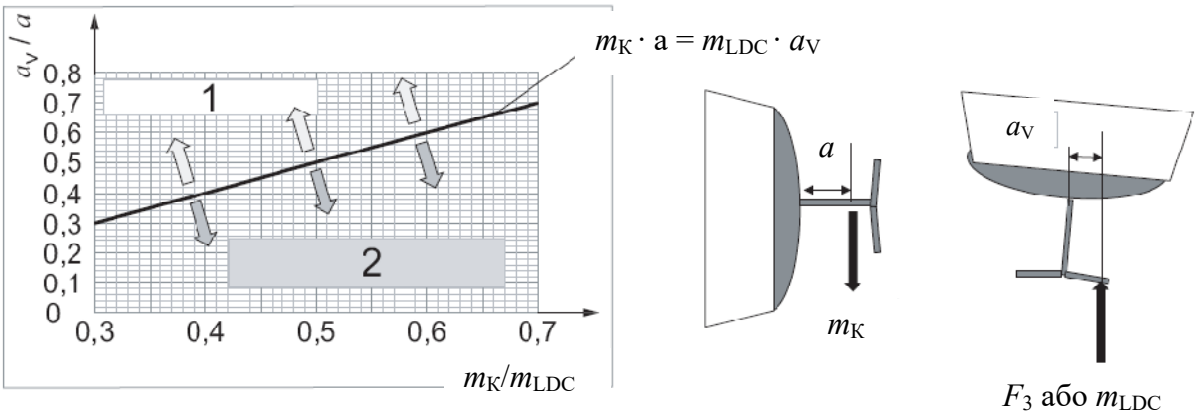
Таке навантаження може викликати момент:

$m_{LDC} \cdot h_K \cdot \mathrm{Sin}\beta$, (де h_K - висота вильоту кіля). Якщо припустити, що a (див. **2.6.2.1**) = 0,6 · h_K,

m_K/m_{LDC} = 0,5 та кут $\beta > 20^o$, можна стверджувати, що випадок навантаження **1** більше не дає найгірший варіант для значення поперечного згинального моменту.

Навантаження на кіль із широкими крилами також може призвести до виникнення такого ефекту при значно менших кутах. При використанні 3D-методів для розрахунку (докладніше див. **3.5.3.2**) рекомендується задати модель кіля як каркас елементів жорсткості та вертикальну силу (F_3 або m_{LDC}), прикладену зі зміщенням у поперечному напрямку. Крім того, допускається поєднувати випадки навантаження **1** і **3** (див. табл. 3.5.4.2.1), хоча отримане значення вважається сумнівним, оскільки ці методи використовують різні фактори розподілу навантаження на флори.

З метою спрощення згинальний момент для цього випадку визначається як добуток m_{LDC} на плече a_V (див. рис. 2.6.2.7.3), якщо значення моменту перевищуватиме добуток $m_K \cdot a$ (див. рис. 2.6.2.1). Якщо ж такий момент не перевищує згинальний момент при навантаженні **1**, його значення можна застосувати у випадках, коли фактор відповідності близький до одиниці. Плече a_V визначається як відстань між ДП і дальньою точкою прикладання сили в поперечному напрямку (як показано на рис. 2.6.2.7.3).



Позначення: 1 – область переважання випадку навантаження **3** (вертикальний тиск);
2 - область, де переважає випадок навантаження **1**.

Рис. 2.6.2.7.3. Спрощений метод початкової оцінки впливу поперечного зміщення вертикального навантаження.

.4 Інші варіанти комбінації навантажень

З метою забезпечення надійності конструкції баластових кілів та їх кріплень допускається поєднувати навантаження, наведені в **2.6.2** і діючі порізно. Наприклад, може розглядатися випадок, коли судно з кілем, що зазнає деформації вигину і кручення, натрапило на плаваючий об'єкт таким чином, що навантаження у випадках **2** і **3** діють одночасно. Такі розрахунки виходять за межі вимог цієї частини Правил. Варіанти комбінації навантажень для призначення допустимих напружень, наведені в **3.5.2**.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ

3.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розміри елементів корпусу визначаються, виходячи із забезпечення місцевої міцності корпусу. Якщо розміри елементів визначаються розрахунком загальної міцності для міделевого перерізу корпусу згідно з розділом **9**, вони повинні зберігатися в середній частині судна на довжині 0,4*L* (по 0,2 *L*до носу та до корми від міделя).

3.2 ВИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ ТА ЇХ РОЗМІРІВ

3.2.1 Розміри пластин зовнішньої обшивки

Позначення розмірів найпростіших видів пластин та ребер жорсткості показано на рис. 3.2.1.

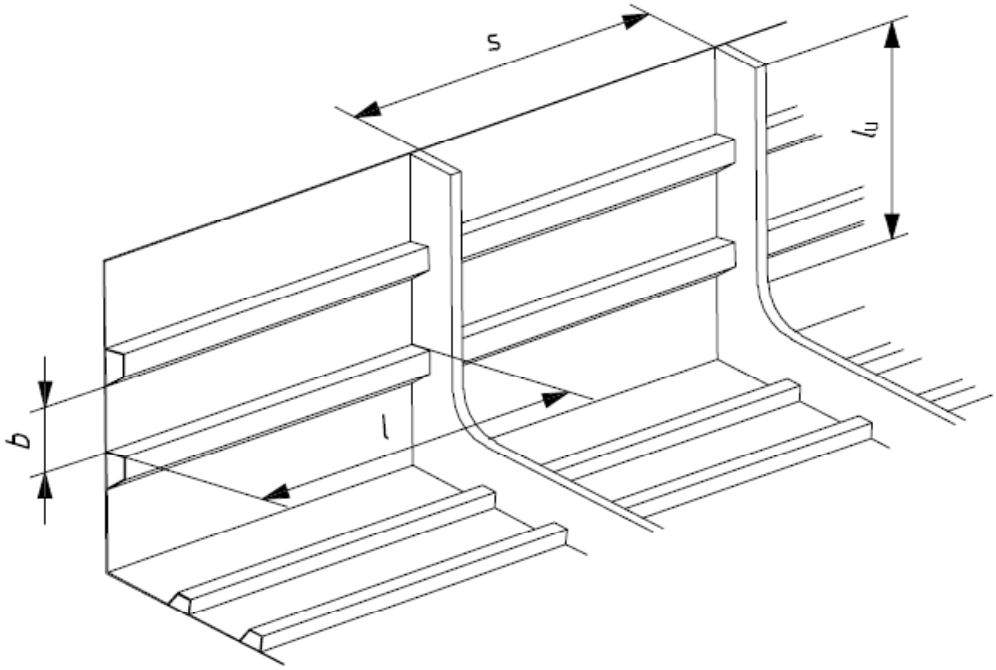


Рис.3.2.1. Схема, яка пояснює розміри, що наведені у **3.2.1**

3.2.1.1 Менший розмір пластини *b*

Розмір *b* є довжиною короткої сторони пластини між двома найближчими ребрами жорсткості і вимірюється в мм.

У разі П-подібних ребер жорсткості ця відстань вимірюється між ближніми кромками основи трапеції РЖ або між кромкою трапеції та віссю симетрії стінки [див. Розмір b_1, на рис. 3.2.1.1 а)].

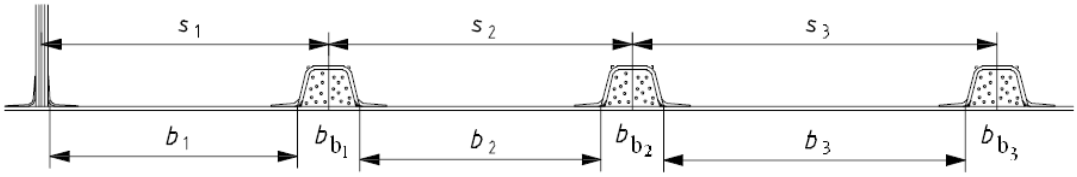
При визначенні розміру *b* за відсутності ребер жорсткості або за наявності елемента жорсткості у вигляді зламу на скулі слід керуватися вимогами **3.2.1.4** і **3.2.1.5**.

3.2.1.2 Більший розмір пластини *l*

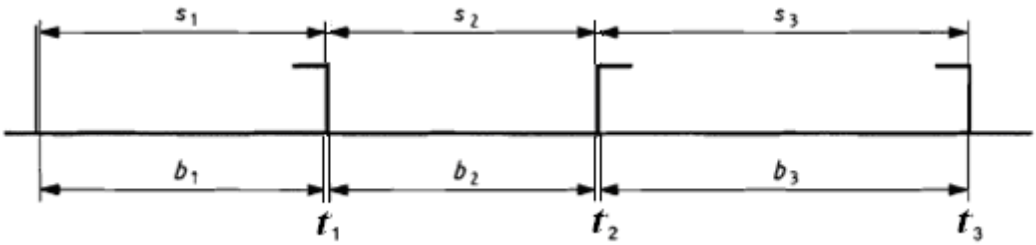
Розмір *l* є довжиною довгої сторони пластини між двома найближчими ребрами жорсткості і вимірюється в мм.

У разі П-подібних ребер жорсткості ця відстань вимірюється між ближніми кромками основи трапеції РЖ або між кромкою трапеції та віссю стінки елемента жорсткості, як показано на рис. 3.2.1.1 в).

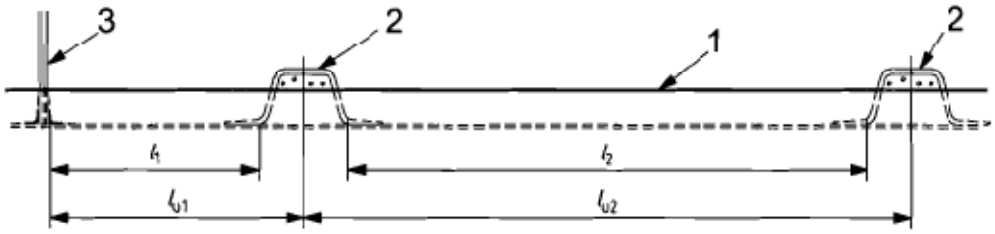
Розмір *l* в мм не повинен прийматися більше 330 · $L_Н$, де $L_Н$ задається в метрах.



а) Поперечна перегородка і П-подібні ребра жорсткості



б) Металеві ребра жорсткості з фланцем



в) Безперервне РЖ між П-подібними флорами та перегородкою.

l_1 та l_2 показують довжину пластин між жорсткостями.
l_{u1} та l_{u2} показують довжину прогону РЖ.

Позначення: 1 - П-подібне РЖ; 2 - П-подібний флор; 3 – перегородка.

Рис. 3.2.1.1. Приклади розмірів пластин та ребер жорсткості.

3.2.1.3 Непрямокутні пластини

Непрямокутні пластини повинні оцінюватися з використанням розмірів еквівалентних прямокутних пластин: $b \cdot l$ або $s \cdot l_u$.

«Еквівалентність» прямокутної пластини повинна оцінюватися на основі рівності з площею фактичної пластини.

На рис. 3.2.1.3 наведено приклади еквівалентних (заштрихованих) прямокутних пластин для трапеції та трикутника.

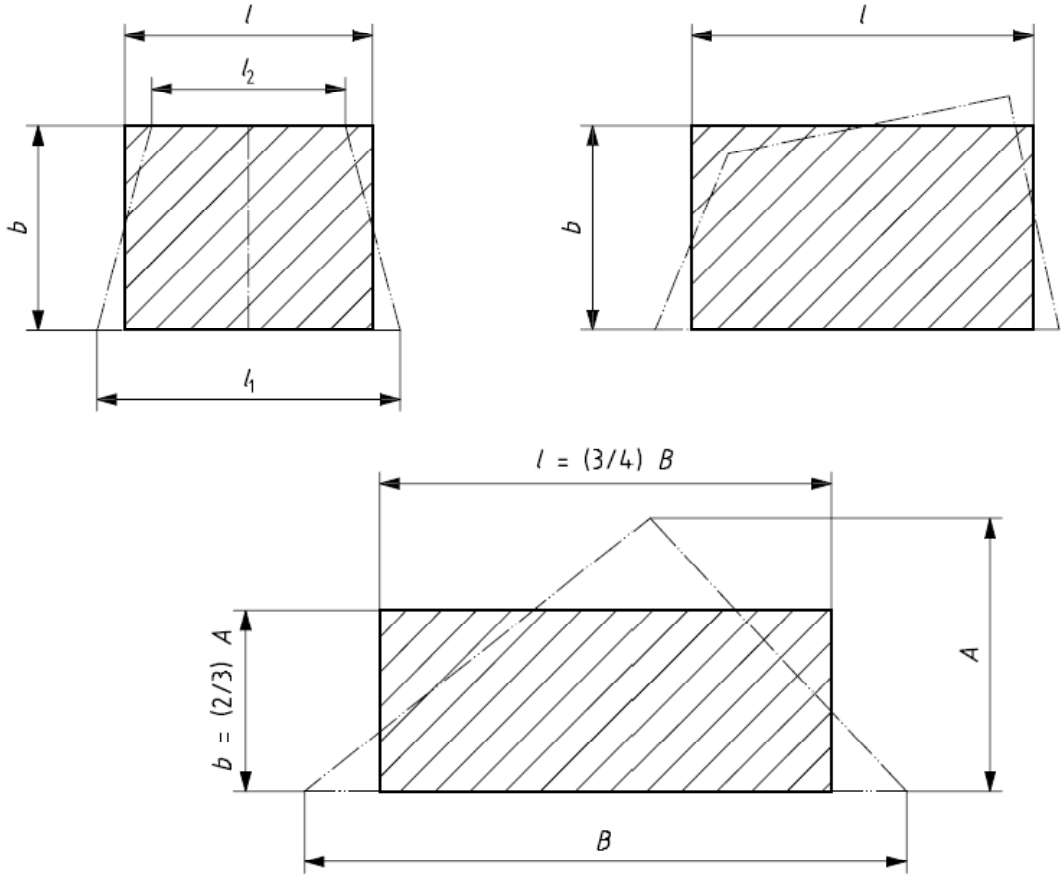


Рис. 3.2.1.3 Приклади прямокутних пластин, еквівалентних трапеції або трикутнику

3.2.1.4 Оцінка пластин великого розміру без ребер жорсткості або з кількома ребрами жорсткості

.1 Звичайні або елементи жорсткості, що встановлюються

Звичайними елементами жорсткості є злами обшивки ДП і на скулі, лінія борту тощо. Як правило, звичайними елементами жорсткості вважаються ті, в яких кут між двома суміжними частинами обшивки становить менше 130° і з'єднання частин обшивки проходить через різкий злам або закруглення невеликого радіусу.

До елементів жорсткості, що встановлюються, відносяться балки набору, примикання до обшивки листових елементів (банок, скринь), підкріплення, профілі тощо.

На рис. 3.2.1.4 показані різні звичайні та елементи жорсткості, що встановлюються.

На рис. 3.2.1.4 а) і в) показані частини зовнішньої обшивки корпусу без елементів жорсткості, що встановлюються, але з трьома різними звичайними елементами жорсткості (1), (2), (3), розташованими на днищі в ДП і на стиках палуби та зовнішньої обшивки зверху.

На рис. 3.2.1.4 г) зовнішня обшивка в ДП не має жодного зламу чи різкого закруглення і тому ця точка не може розглядатися як елемент жорсткості. Тут лише два звичайні елементи жорсткості на стиках зовнішньої обшивки та палуби.

На рис. 3.2.1.4 б) показано переріз, в якому поряд із звичайними елементами жорсткості (1), (4), (7) присутні по два встановлених елементи жорсткості з кожного борту (2), (3) та (5), (6).

.2 Визначення меншого розміру та кривизни пластини

Найближчі точки звичайних елементів жорсткості з’єднуються хордою (прямою лінією). Вимірюється ширина b_i і стрілка прогину c_i для пластин зовнішньої обшивки та палуби, щоб обчислити k_C відповідно до табл. 3.3.1.3 [див. Рис. 3.2.1.4 а) та б)].

.3 Дуже широкі панелі

Необхідно визначити мінімальну відстань між двома найближчими звичайними елементами жорсткості.

На рис. 3.2.1.4 г) показані тільки звичайні елементи жорсткості. Злами настилу палуби і ступінь вигину зовнішньої обшивки в ДП не можуть вважатися досить жорсткими, щоб бути звичайними елементами жорсткості.

Вимірюється прогин пластини *c*, щоб обчислити k_C відповідно до табл. 3.3.1.3.

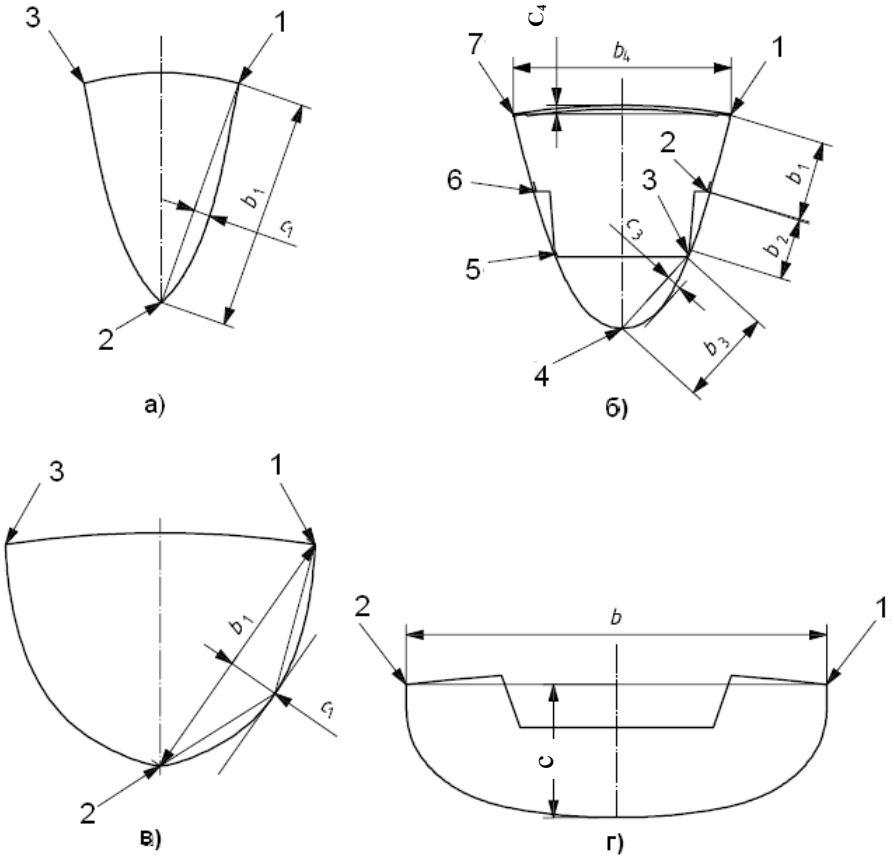


Рис.3.2.1.4. Приклади розмірів пластин та оцінки їхньої кривизни.

3.2.1.5 Панелі між зламами на скулі

Розмір *b* є поперечним розміром пластин між зломами обшивки (див. рис. 3.2.1.5).

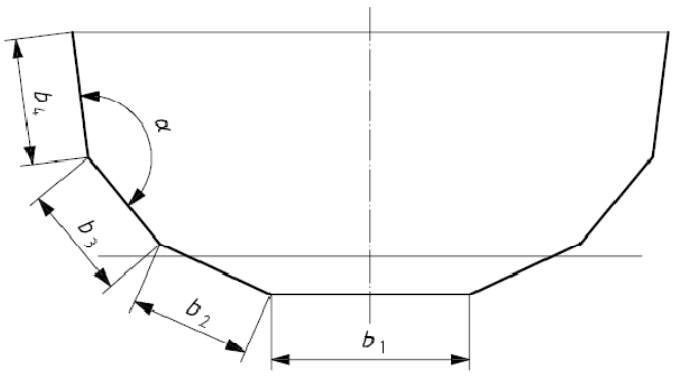


Рис. 3.2.1.5 Приклади визначення розмірів пластин за наявності зламів скул

3.2.1.6 Властивості звичайних елементів жорсткості

Наведені вище приклади звичайних елементів жорсткості повинні мати міцність і жорсткість, еквівалентну ребрам жорсткості і тому вони повинні відповідати вимогам **3.4** для ребер жорсткості. Довжиною таких звичайних елементів жорсткості є прогін між перегородками, флорами чи шпангоутами. До вигнутих пластин застосовується поправочний коефіцієнт k_C (див. **3.3.1.3**). Обмеження розрахункового тиску згідно з **2.4.4** також може застосовуватися.

Скули, що мають кут зламу α від 130° до 150°, вважаються, як правило, такими, що відповідають вищевказаним вимогам.

У таблицях D.4 і D.5 **Додатку D** цієї частини Правил наводяться значення моментів опору деяких закруглень і зламів скул.

3.2.2 Розміри ребер жорсткості

3.2.2.1 Шпація *s*

Шпація s є відстанню, мм, між осями симетрії сусідніх ребер жорсткості поздовжнього або поперечного набору. Якщо профіль ребра жорсткості не є симетричним, шпація визначається як відстань між серединами товщин стінок, як показано на рис. 3.2.1.1 б). Якщо три рази підряд ребра жорсткості не знаходяться на однаковій відстані між собою, шпація визначається як середнє значення між ними [див. Рис. 3.2.1.1 а) та б)].

3.2.2.2 Прогін ребра жорсткості l_u

На рис. 3.2.2.2 показані приклади для визначення довжини прогону різних ребер жорсткості:

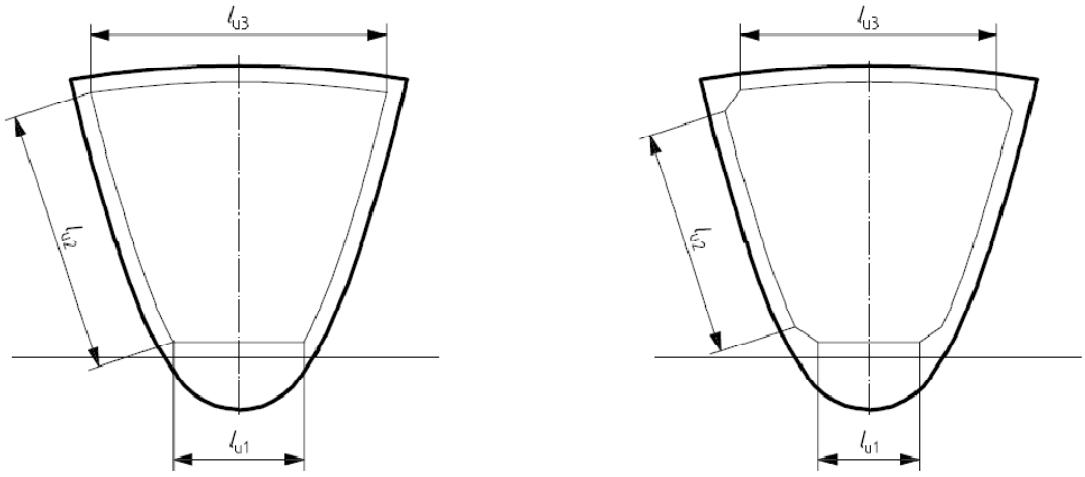
а) l_{u1} прогін флора, l_{u2} прогін шпангоуту, l_{u3} прогін бімса;

б) l_u вимірюється як безпосередня довжина РЖ;

в) l_u вимірюється до точки зміни кривизни в поз. 1;

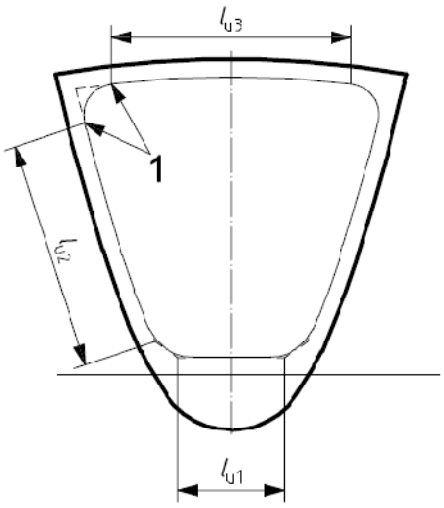
г) випадок, коли шпангоути та бімси безпосередньо не примикають один до одного і між собою з'єднуються тільки настил палуби та обшивка борту. Перехід флорів у шпангоути (в поз. 2) знаходиться у місці зміни кривизни вільного пояска та висоти стінки;

д) випадок вигнутих ребер жорсткості: стрілки прогину c_{u2} і c_{u3} визначаються відповідно для вільних поясків шпангоуту і бімса, які мають довжини відповідно l_{u2} і l_{u3}. Ці розміри використовуються для визначення k_{CS}.

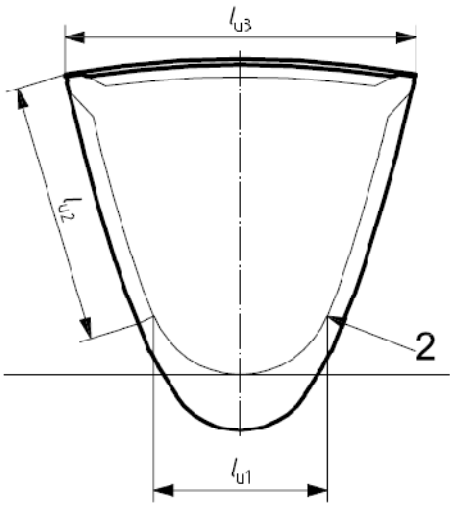


а) Безкничне з’єднання ребер жорсткості б) Ребра жорсткості, що з’єднуються кницями

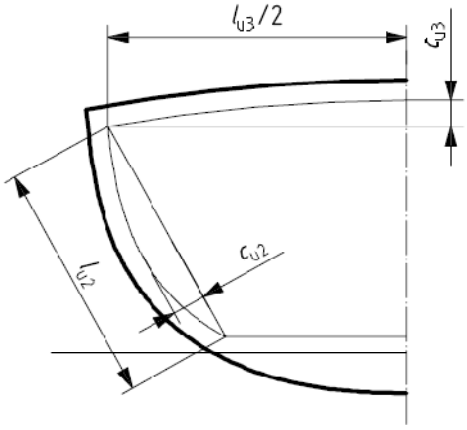
Рис. 3.2.2.2 Приклади визначення довжин прогонів ребер жорсткості



в) Книці з заокругленням

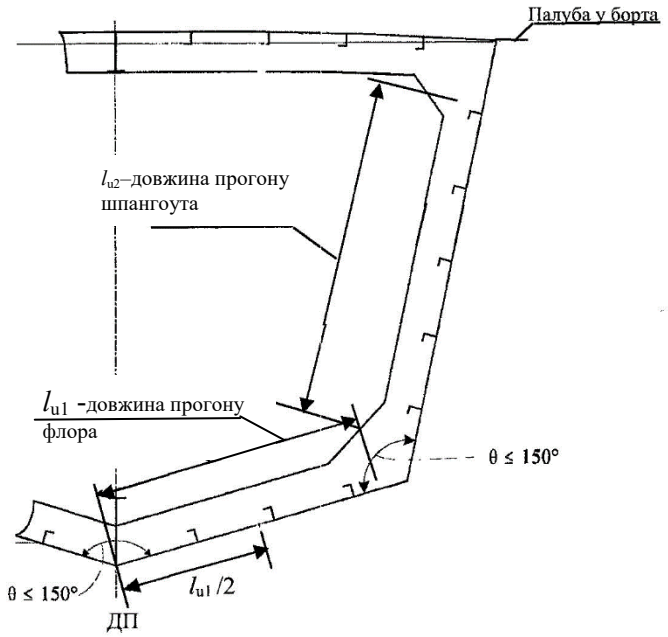


г) Шпангоути і бімси не з’єднуються між собою

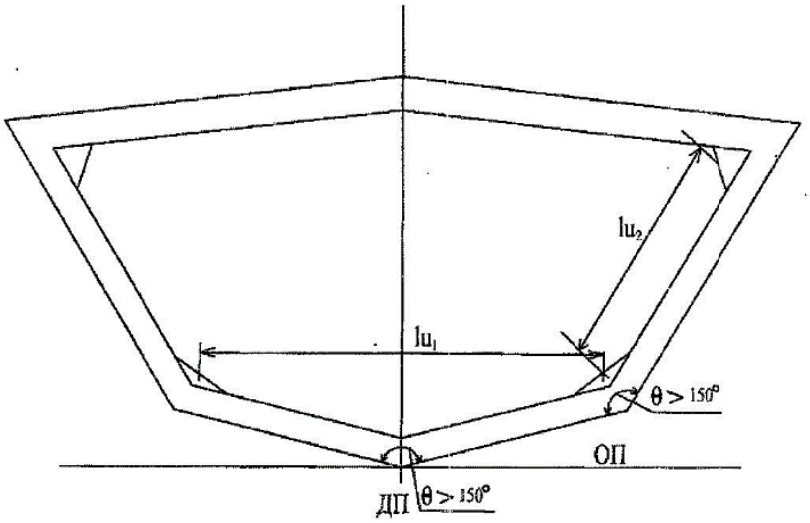


д) Вигнуті ребра жорсткості

Продовження рис. 3.2.2.2 Приклади визначення довжин прогонів ребер жорсткості

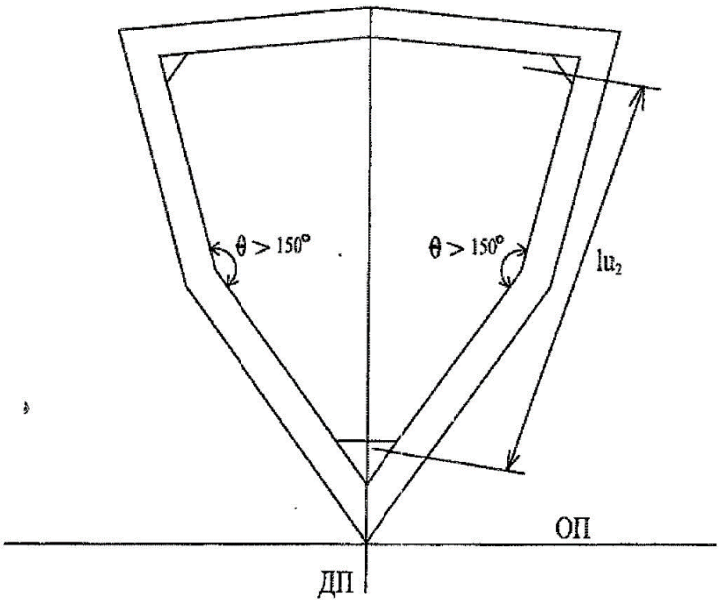


є) Визначення довжини прогону ребер жорсткості за наявності зламу скули та кілеватості



з) Визначення довжини прогону ребер жорсткості за наявності зламу скули та кільоватості

Продовження рис. 3.2.2.2 Приклади визначення довжини прогону ребер жорсткості



ж) Визначення довжини прогону ребер жорсткості за наявності зламу скули та кільоватості

Позначення: 1- точка переходу ребра жорсткості у кницю;
2 – точка переходу флора в шпангоут борту.

Закінчення рис. 3.2.2.2 Приклади визначення довжини прогону ребер жорсткості

3.2.2.3 Уточнення довжини прогону металевих ребер жорсткості

.1 Довжина прогону РЖ основного та рамного металевого набору l_u вимірюється вздовж вільного пояска РЖ як відстань між її опорними перерізами. Якщо не обумовлено інше, при встановленні кінцевих книць опорні перерізи приймаються посередині довжини сторони книці. При цьому положення опорного перерізу вибирається таким чином, щоб висота кінцевої книців ньому не перевищувала висоти стінки РЖ, що розглядається (рис. 3.2.2.3).

Таким чином, довжина приведеного прогону ребра жорсткості визначається як:

$l_u = l$ для РЖ, вільно обпертих по кінцях;

$l_u = 0{,}6l$ для РЖ, жорстко закріплених по кінцях,

де розмір l визначається як показано на рис. 3.2.2.3.

Умови обпирання кінців балок (жорстке закріплення, вільна опора) визначаються виходячи із загальних інженерних принципів із урахуванням реальної конструкції (наявність книць, приварювання стінок, поясків, тощо) і характеризуються наявністю чи відсутністю дії згинального моменту в опорному перерізі балки.

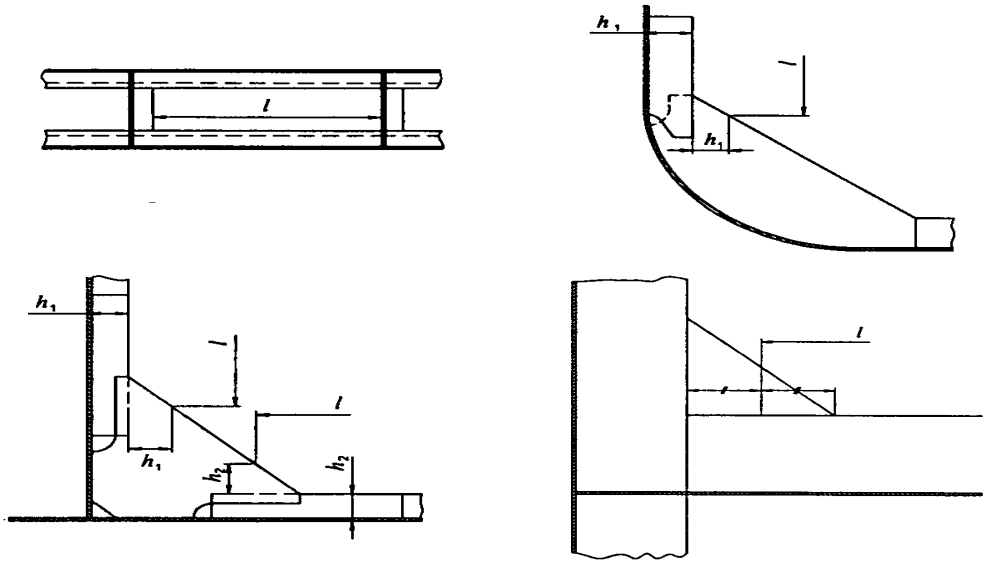


Рис. 3.2.2.3. Визначення довжини прогону металевих РЖ

.2 Довжина прогону балок поздовжнього рамного набору $l_ц$ визначається відстанню між поперечними перегородками або іншими істотними звичайними елементами жорсткості корпусу, на які обпирається балка, але не більше $330L_н$, мм.

.3 При визначенні мінімально необхідної товщини пластини згідно **3.3.3** та моменту опору поперечного перерізу ребер жорсткості основного і рамного набору та їх площі поперечного перерізу згідно **3.4.4.1**, довжина прогону таких балок може визначатися з урахуванням наступного:

- якщо балки рамного набору мають жорсткість у два рази більшу, ніж жорсткість ребер жорсткості основного набору, то вони можуть вважатися опорами для ребер жорсткості основного набору, тобто для цього повинна виконуватися умова:

$$(I_р/l^2_р) / (I_{осн}/l^2_{осн}) \geq 2, \qquad (3.2.2.3.3)$$

де: $I_р/l^2_р$ – значення жорсткості для рамного набору;
$I_{осн}/l^2_{осн}$ – значення жорсткості для ребер жорсткості основного набору;
I – момент інерції поперечного перерізу набору, мм^4;
l – довжина прогону балок набору, мм.
При цьомувважається, що:
- навантаження на перекриття корпусу судна розподіле нерівномірно;
- крайки пластин і кінці ребер жорсткості надійно закріплені (див. рис. 3.2.2.3.3).

Примітка. Якщо значення жорсткості поздовжньої рамної балки (кіля, карлінгсу, бортового стрингеру) перевищує значення жорсткості поперечної рамної балки (флора, рамного бімса, рамного шпангоута) згідно до (3.2.2.3.3), то вони також можуть вважатися опорами для поперечних рамних балок (флорів, рамних бімсів, рамних шпангоутів).

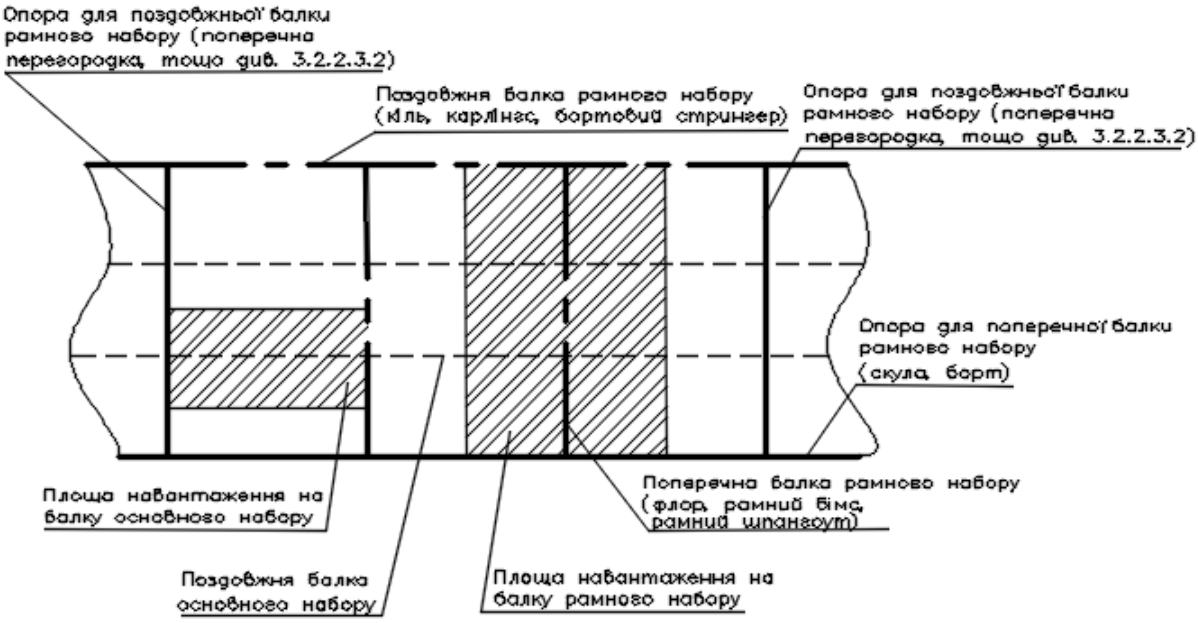


Рис. 3.2.2.3.3 Схема перекриття

3.2.2.4 Довжина прогонів РЖ при системі набору осередкового типу

.1 Загальні відомості

Така система часто застосовується для корпусів із металу (див. рис. 3.2.2.4.1) та АВ-пластику (див. рис. 5.3.4.3). Поздовжній та поперечний набір, наприклад, кільсони та флори, має однакову висоту, тому класичний поділ на основний або рамний набір не підходить для цього випадку.

Прогони ребер жорсткості визначаються відповідно до положень підпунктів **.2** і **.3**.

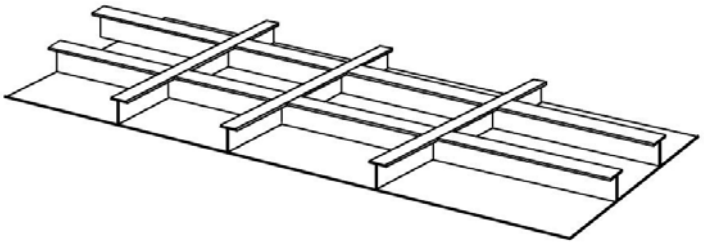


Рис. 3.2.2.4.1 Перекриття днища «осередкового» типу

Примітка до рис. 3.2.2.4.1. Перекриття такого типу часто зустрічається у плоскодонних суден великої ширини. Під шпацією для них мається на увазі рамна шпація, тобто. відстань між сусідніми елементами рамного набору, без урахування встановлених поздовжніх та поперечних РЖ основного набору.

.2 РЖ, розташовані вздовж короткої сторони перекриття

Довжина прогону, що використовується для визначення розрахункового згинального моменту і перерізуючої сили, повинна прийматися рівною 60% від розміру перекриття (поздовжнього або поперечного).

Розрахункове навантаження повинно бути отримане виходячи з розрахункової площі, A_D, яка ґрунтується на розмірах: шпації між ребрами жорсткості та відстані, що дорівнює 60% довжини короткої сторони перекриття.

.3 РЖ, розташовані вздовж довгої сторони перекриття

Довжина прогону, що використовується для визначення розрахункового згинального моменту і перерізуючої сили повинна прийматися рівною 150% розміру осередку (поперечної шпації).

Розрахункове навантаження повинне бути отримане виходячи з розрахункової площі A_D, яка ґрунтується на розмірах: поздовжньої шпації (відстань між ребрами жорсткості) та довжини прогону, що дорівнює 150% розміру осередку (поперечної шпації).

3.3 ПЛАСТИНИ ОБШИВКИ І НАСТИЛУ. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ

3.3.1 Коригувальні коефіцієнти для товщини пластин

3.3.1.1 Коефіцієнт деформації при згинанні тришарової панелі k_1

Коефіцієнт k_1 використовується тільки для тришарових конструкцій із АВ-пластику (див. **3.3.5.3**). k_1 приймається рівним 0,017.

3.3.1.2 Коефіцієнти відношення сторін пластини для зусиль k_2 та для жорсткості k_3 при вигині

Коефіцієнт k_3 використовується тільки для визначення моменту інерції I чи EI у розрахунках тришарових панелей. Значення k_2 та k_3 наведені в табл. 3.3.1.2.

Таблиця 3.3.1.2 **Значення k_2 та k_3 в залежності від *l/b* для ізотропних пластин**

l/b	**Фактор k_2** (k_2 = 0,5 для пластин із ламінованої деревини)	**Фактор k_3**
> 2,0	0,500	0,028
2,0	0,497	0,028
1,9	0,493	0,027
1,8	0,487	0,027
1,7	0,479	0,026
1,6	0,468	0,025
1,5	0,454	0,024
1,4	0,436	0,023
1,3	0,412	0,021
1,2	0,383	0,019
1,1	0,349	0,016
1,0	0,308	0,014
	k_2 можна визначати за приведеною нижче формулою, але в межах $0{,}308 < k_2 < 0{,}500$	k_3 можна визначати за приведеною нижче формулою, але в межах $0{,}014 < k_3 < 0{,}028$
	$k_2 = \frac{0{,}271(l/b)^2 + 0{,}910(l/b) - 0{,}554}{(l/b)^2 - 0{,}313(l/b) + 1{,}351}$	$k_3 = \frac{0{,}027(l/b)^2 - 0{,}029(l/b) + 0{,}011}{(l/b)^2 - 1{,}463(l/b) + 1{,}108}$

3.3.1.3 Коригувальний коефіцієнт k_C для вигнутої пластини

Коригувальний коефіцієнт k_C наведений у табл. 3.3.1.3, в якій c – стрілка прогину пластини, яка визначається, як показано на рис. 3.3.1.3. Значення коефіцієнта не повинно прийматися менше 0,5 і більше 1,0.

k_C застосовується як для опуклої, так і увігнутої пластини.

Таблиця 3.3.1.3 **Значення k_C для вигнутої пластини**

c/b	k_C
від 0 до 0,03	1,0
від 0,03 до 0,18	1,1 – 3,33 *c/b*
> 0,18	0,5

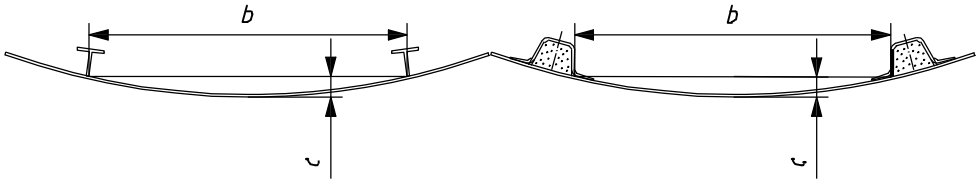


Рис. 3.3.1.3 Визначення стрілки прогину опуклої пластини

3.3.1.4 Дія підсумкового розрахункового тиску на пластини різних розмірів

Для днища, палуби та надбудови розрахунковий тиск постійний і повинен визначатися відповідно до **2.4.**

Тиск на борт змінюється по висоті надводного борту, як зазначено в **2.4.1.4** ÷ **2.4.1.5** або **2.4.2.2** відповідно для моторних або вітрильних однокорпусних суден.

За наявності пластин великих розмірів зі змінним тиском (у випадках великої пластини борту або пластини, що відноситься до борту і днища), розрахунковий тиск приймається як середній постійний тиск, що відповідає тиску всередині пластини (див. також **2.2.2.1**).

Для пластини, що має змінний поперечний переріз (змінна товщина, одношарова конструкція переходить у тришарову в межах однієї пластини, тощо), всі розміри повинні визначатися як для найслабшої конструкції, що використовуються.

3.3.1.5 Перерізуюча сила та згинальний момент для пластини

Визначення перерізуючої сили і згинального моменту для пластини в загальному випадку не вимагається, так як їх дія враховується в вимогах до товщини. Тим не менш, іноді виникає необхідність їх розрахунку, головним чином у випадках неоднорідного або анізотропного матеріалу (див. **Додаток Е** цієї частини Правил), за наведеними нижче формулами.

Перерізуюча сила на середині розміру *b*, Н/мм:

$$F_{\mathrm{d}} = \sqrt{k_{\mathrm{C}}} \times k_{\mathrm{SNC}} \times P \times b \times 10^{-3} \qquad (3.3.1.5\text{-}1)$$

Згинальний момент на середині розміру *b*, Н·мм/мм:

$$M_{\mathrm{d}} = 83{,}33 \times k_{\mathrm{C}}{}^{2} \times 2k_{2} \times P \times b^{2} \times 10^{-6}, \qquad (3.3.1.5\text{-}2)$$

де всі розміри та величини визначені раніше, за винятком коефіцієнта k_{SHC}, який визначається за табл. 3.3.5.4-2.

Якщо жорсткість пластини не однакова у двох взаємно перпендикулярних напрямках, формула (3.3.1.5-2) повинна бути замінена формулами (Е.2.1.12-1) і (Е.2.1.12-2) **Додатку Е** цієї частини Правил.

3.3.2 Одношарова обшивка із пластику, армованого волокном

3.3.2.1 Допустиме напруження для пластин одношарового ламінату з АВ-пластику.

Таблиця 3.3.2.1

Матеріал	**Елемент корпусу**	**Допустиме напруження σ_d Н/мм^2**
АВ-пластик	Усі елементи	$0{,}5\sigma_{uf}$
Де σ_{uf} – границя міцності при згині, Н/мм^2		

Механічні властивості ламінату з АВ-пластику повинні бути визначені відповідно до вимог **11.4.1.**

3.3.2.2 Необхідна товщина одношарових пластин із АВ-пластику

Нижченаведена формула застосовна тільки якщо механічні властивості матеріалу в обох напрямках відрізняються не більше ніж на 25%. В іншому випадку розрахунок пластини повинен виконуватися у відповідності з **Додатком Е** цієї частини Правил.

Перерізуюча сила і згинальний момент визначаються за формулами (3.3.1.5-1) і (3.3.1.5-2).

Мінімальна необхідна товщина пластини одношарового ламінату з АВ-пластику повинна бути не менше, мм:

$$t = b \times k_{\mathrm{C}} \times \sqrt{\frac{P \times k_{2}}{1000 \times \sigma_{\mathrm{d}}}} \qquad (3.3.2.2)$$

де: *b* - менша сторона пластини, відповідно до **3.2.1.1**, мм;

k_{C} - коригувальний коефіцієнт на вигнутість пластини, що визначається за табл. 3.3.1.3;

P - розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу, тощо) згідно **2.4**, кН/м^2;

k_2 - коефіцієнт співвідношення сторін ізотропної пластини, що визначається за табл. 3.3.1.2;

σ_{d} - допустиме напруження для АВ-пластику з табл. 3.3.2.1, Н/мм^2.

Для АВ-пластику товщина, яка вимагається за формулою (3.3.2.2), або там, де присутня така товщина в цій частині Правил, не повинна розраховуватися переведенням із маси армуючих волокон у ламінаті w_f (кг/м^2). Маса w_f визначається множенням вмісту волокон у масі ламінату ψ на фактичну масу 1м^2 ламінату відповідно до методів **11.4.1**.

Приклад наведено у **Додатку В** розділ В.3 частини XII «Матеріали» цих Правил. Крім того, маса сухих волокон w_f в ламінаті існуючого судна або в проекті судна повинна перетворюватися в товщину таким же чином, щоб отримати порівняні вимоги за формулою (3.3.2.2).

Механічні властивості ламінатів з АВ-пластику приймаються рівними властивостями вздовж b, якщо відношення $l/b \geq 2{,}0$, і меншому з механічних властивостей уздовж b або l, якщо $l/b < 2{,}0$.

3.3.2.3 Використання матеріалів заповнювача в одношаровому ламінаті

.1. Загальні положення

Матеріал заповнювача (товста тканина, просочена сполучним повсть, синтактичний пінопласт, тощо) призначений для збільшення товщини ламінату. З погляду міцності, матеріал заповнювача працює або на опір зрушенню (як у тришаровій конструкції), чи як елемент багатошарової пластини, що працює на сприйняття зусиль зрізу і вигину.

.2 Пінопласт або повсть, просочені сполучним

Матеріал заповнювача, що має границю міцності при зсуві більше 3Н/мм^2, може використовуватися як внутрішній шар в одношаровому ламінаті. При цьому загальна товщина комбінованої одношарової пластини повинна бути збільшена в 1,15 ÷ 1,3 рази щодо товщини ламінату з монолітного матеріалу, що визначається формулою (3.3.2.2), відповідно до наступних вимог:

• якщо загальна товщина становить 1,15t, товщина матеріалу заповнювача повинна становити 33% загальної товщини пластини, тобто, товщина внутрішнього шару повинна становити 0,383t і товщина кожного зовнішнього шару - 0,383t;

• якщо загальна товщина становить 1,30t, товщина матеріалу заповнювача повинна становити 50% загальної товщини пластини, тобто, товщина внутрішнього шару повинна становити 0,65t і товщина кожного зовнішнього шару - 0,325t.

При іншій загальній товщині в межах від 1,15t до 1,30t товщина внутрішнього шару визначається шляхом інтерполяції.

***Примітка*:** збільшення товщини необхідно для того, щоб одношарова пластина з заповнювачем, який має менші значення опору зсуву і згину, працювала так само, як одношаровий ламінат з монолітного матеріалу. При загальній товщині до 1,15t в одношаровому ламінаті дотичні напруження діють у площині заповнювача (поблизу нейтральної осі). При більшій товщині ці напруження діють поза шаром заповнювача.

Для матеріалів заповнювача з границею міцності на зсув більше 5Н/мм^2 вимога до збільшення товщини, яка наведена вище, може виявитися завищеною, тому повинні застосовуватися вказівки **Додатку Е** цієї частини Правил.

.3 Синтактичний пінопласт

Застосування синтактичного пінопласту розглядається наступним чином:

ламінати з використанням синтактичних пінопластів, що мають механічні властивості, які відрізняються менш ніж на 25% від властивостей матеріалів заповнювача, перерахованих у **Додатку С** табл. С.1 частини XII «Матеріали» цих Правил, повинні розраховуватися як тришарові панелі згідно з **3.3.5**;

• ламінати з використанням синтактичних пінопластів, що мають механічні властивості, що відрізняються менш ніж на 25% від властивостей матеріалів заповнювача, наведених у підпункті **.2**, повинні розраховуватися відповідно до вимог цього підпункту;

• ламінати з використанням синтактичних пінопластів, що мають інші механічні характеристики, повинні розраховуватися відповідно до **Додатку Е** цієї частини Правил.

.4 Фанера як заповнювач

Коли фанера використовується як середній шар, пружні властивості пластини вищі в порівнянні з АВ-пластиком, тому що фанера робить значний внесок у жорсткість і міцність пластини. Тому пластина з фанерою в середньому шарі не повинна розглядатися ні як одношарова пластина із середнім шаром з міцного заповнювача, ні як класична тришарова панель із заповнювачем з пінопласту або бальзи. Детальна інформація про методику розрахунку, яка може використовуватися в цьому випадку, міститься в **Додатку Е** цієї частини Правил.

3.3.3 Металева обшивка з алюмінієвого сплаву та сталі

3.3.3.1 Допустимі напруження для металевих пластин

Таблиця 3.3.3.1 **Допустимі напруження для металевих пластин**

Матеріал	Структурний елемент	σ_d, Н/мм^2
Алюмінієвий сплав	Усі елементи	$0{,}6\sigma_{utw}$ або $0{,}9\sigma_{yw}$*
Сталь	Усі елементи	$0{,}6\sigma_{ut}$ або $0{,}9\sigma_{y}$*
*Приймається менше значення		

де для сталі:
σ_y - границя плинності при розтягуванні, Н/мм^2,
σ_{ut} – границя міцності при розтягуванні, Н/мм^2;

для алюмінієвих сплавів, що з'єднуються зварними швами:
σ_{yw} - границя плинності при розтягуванні для зварних швів, Н/мм^2;
σ_{utw} – границя міцності при розтягуванні для зварних швів, Н/мм^2.

Для елементів корпусу з алюмінієвих сплавів, що з'єднуються заклепками, слід застосовувати відповідно σ_y та σ_{ut} матеріалу сплаву.

Механічні властивості алюмінієвих сплавів з позначеннями, прийнятими в Алюмінієвій Асоціації (АА), наведені в табл. 2.3.2.2-3 частини XII «Матеріали» цих Правил.

За відсутності даних про механічні властивості алюмінієвих сплавів для зварних швів, визначення допустимих напружень для пластин і ребер жорсткості (див. **3.4.3**), є предметом спеціального розгляду Регістром.

3.3.3.2 Необхідна товщина металевих пластин

Вимоги до товщини металу не враховують будь-яке її зменшення внаслідок корозії чи ефектів під час виготовлення судна.

Мінімально необхідна товщина пластини *t* повинна становити, мм:

$$t = b \times k_C \times \sqrt{\frac{P \times k_2}{1000 \times \sigma_d}} \qquad (3.3.3.2)$$

де: *b* - менша сторона пластини, відповідно до **3.2.1.1**, мм;
k_C – коригувальний коефіцієнт для вигнутої пластини згідно з табл. 3.3.1.3;
P - розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу, тощо) для пластини відповідно до **2.4,** кН/м^2;
k_2 – коефіцієнт відношення сторін пластини для зусиль при згинанні, наведений у табл. 3.3.1.2;
σ_d - допустиме напруження для металевих пластин, наведене в табл. 3.3.3.1.

3.3.4 Одношарова обшивка з ламінованої деревини, дерева або фанери

Примітка. Для цілей цього пункту ламінована деревина означає холодноформовану (діагональну) обшивку або рейкову обшивку (докладніше див. **Додаток С** цієї частини Правил).

3.3.4.1 Допустиме напруження для пластин з ламінованої деревини або фанери

Таблиця 3.3.4.1**Допустиме напруження для ламінованої деревини або фанери**

Матеріал	Елемент корпусу	Допустиме напруження σ_d, Н/мм^2
Ламінована деревина або фанера	Усі елементи	$0{,}5\sigma_{uf}$
Де σ_{uf} – границя міцності при згинанні вздовж короткої сторони пластини (див. табл. С.2 **Додатку С** цієї частини Правил.		

Механічні властивості ламінованої деревини визначаються відповідно до **Додатку С** цієї частини Правил.

Примітка. Конструкції з дерева з оболонками з АВ-пластику, які впливають на властивості міцності пластини, не розглядаються в цьому пункті. Вони наведені в **Додатку Е** цієї частини Правил, в якому йдеться про конструктивно ефективний заповнювач, але не про тришарову панель.

3.3.4.2 Необхідна товщина для пластин з ламінованої деревини або фанери

Нижченаведені вимоги стосуються лише конструкцій холодноформованого ламінату з гнутої деревини або зі шпону, як зазначено в **Додатку С** цієї частини Правил.

Необхідна товщина ламінату *t*, виключаючи будь-яку полегшену обшивку, визначається за формулою, мм:

$$t = b \times \sqrt{\frac{P \times k_2}{1000 \times \sigma_d}} \qquad (3.3.4.2)$$

де: *b* – менший розмір пластини відповідно до **3.2.1.1**, мм;

P - розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу, тощо) для пластини відповідно до **2.4**, кН/м^2;

k_2 = 0,5, тому що характеристика ламінованої деревини далека від ізотропної в зоні, що розраховується;

σ_d – допустиме напруження для деревини згідно з табл. 3.3.4.1.

Примітка. Коригувальний коефіцієнт для вигнутої пластини k_C не використовується для дерева (k_C = 1), тому що механічні властивості дерева поперек волокон вкрай низькі.

3.3.4.3 Товщина обшивки та палубного настилу з одношарової дощатої обшивки встик

Товщина не повинна бути меншою за визначену за формулою, мм:

$$t = 0,9s\sqrt{P/\sigma_d}\left(5 - \sqrt[4]{L}\right) \qquad (3.3.4.3)$$

де: *s* - шпація або відстань в мм між бортовими стрингерами, палубними стрингерами, шпангоутами, бімсами або ребрами жорсткості чи іншими підкріплювальними елементами; у разі криволінійної обшивки це довжина хорди між двома підкріплюючими елементами;

L - довжина судна, як вона визначена в **1.2.2.3**, м;

P - розрахунковий тиск відповідно до **2.4**, кН/м^2;

σ_d – допустиме напруження для деревини згідно табл. 3.3.4.1, Н/мм^2.

3.3.5 Тришарові панелі з АВ-пластику

3.3.5.1 Загальні відомості

Нижченаведені вимоги відносяться до пластин тришарових конструкцій, де зовнішня і внутрішня оболонки мають близькі механічні характеристики по міцності та пружності, тобто вони відрізняються не більше ніж на 25% один від одного.

Якщо це не так, тришарові панелі розраховуються відповідно до **ДодаткуЕ** цієї частини Правил з використанням формул (3.3.1.5-1) і (3.3.1.5-2) для перерізуючої сили і згинального моменту, а жорсткість при згинанні визначається за формулою (3.3.5.3-5). У будь-якому випадку повинні виконуватись вимоги до товщин від зсувних навантажень згідно з **3.3.5.4**.

3.3.5.2 Допустимі напруження для тришарових панелей

Таблиця 3.3.5.2**Допустимі напруження для тришарових панелей з АВ-пластику**

Матеріал	**Елемент корпусу**	**Допустиме напруження, σ_{dt} або σ_{dc}, Н/мм^2**
Тришарова панель з АВ-пластику	Зовнішня обшивка, палуба, надбудови, конструктивні та непроникні перегородки, цистерни	У зовнішній оболонці $0,5\sigma_{ut}$ У внутрішній оболонці $0,5\sigma_{uc}$, або $0,3\sqrt[3]{E_C} \times E_{CO} \times G_C$ *
Де: для тришарової панелі з АВ-пластику: σ_{ut} – границя міцності при розтягуванні, Н/мм^2; σ_{uc} – границя міцності при стисненні, Н/мм^2. ***Примітка.****Див. **3.3.5.3** і формулу (3.3.5.3-4)		

Механічні властивості оболонок визначаються відповідно до **11.4.1.**

3.3.5.3 Мінімальний момент опору та момент інерції

.1 Необхідний мінімальний момент опору поперечного перерізу щодо нейтральної осі смужки тришарової панелі повинен бути не меншим від значень, визначених формулами (3.3.5.3-1) і (3.3.5.3-2).

Мінімально необхідний момент опору зовнішньої оболонки тришарової панелі шириною 1см визначається за формулою, см^3/см:

$$W_{\text{O}}(\text{на 1 см ширины})=\frac{b^2\times k_{\text{C}}{}^2\times P\times k_2}{6\times 10^5\times\sigma_{\text{dto}}} \qquad (3.3.5.3\text{-}1)$$

Мінімально необхідний момент опору внутрішньої оболонки тришарової пластини шириною 1см визначається за формулою, см^3/см:

$$W_{\text{i}}(\text{на 1 см ширины})=\frac{b^2\times k_{\text{C}}{}^2\times P\times k_2}{6\times 10^5\times\sigma_{\text{dci}}} \qquad (3.3.5.3\text{-}2)$$

Примітки:

1. Ці формули встановлюють для панелей з жорстко закріпленими кінцями зв'язок максимального згинального моменту з напруженнями розтягування у зовнішній оболонці.

2. Для полегшення розрахунків прийняті такі одиниці вимірів для тришарових панелей:

кубічні сантиметри на сантиметр для моменту опору поперечного перерізу *W* і сантиметри в четвертому ступені на сантиметр для моменту інерції *I*.

Одиниці вимірювань можуть наводитися також у кубічних міліметрах на міліметр і в міліметрах у четвертому ступені на міліметр шляхом множення значень W і *I* на 100 і 1000 відповідно.

3. Розрахунок перерізуючої сили і згинального моменту проводиться згідно з Е.2.1.2 **Додатку Е** цієї частини Правил.

.2 Мінімально необхідний момент інерції для смужки тришарової панелі шириною 1см визначається за формулою, см^4/см:

$$I(\text{на 1 см ширины})=\frac{b^3\times k_{\text{C}}{}^3\times P\times k_3}{12\times 10^6\times k_1\times E_{\text{io}}} \qquad (3.3.5.3\text{-}3)$$

де: *b* - менший розмір пластини, що визначається відповідно до **3.2.1.1**, мм;

k_{C} - коригувальний коефіцієнт для вигнутої пластини, наведений у таблиці 3.3.1.3;

P - розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу, тощо) для пластин згідно **2.4**, кН/м^2;

k_2 – фактор відношення сторін пластини для зусиль при згинанні, визначається за табл. 3.3.1.2;

k_3 - фактор відношення сторін пластини для жорсткості при згинанні, визначається за табл. 3.3.1.2;

k_1 = 0,017 – фактор деформації при згинанні тришарових панелей;

E_{io} – середнє значення модулів нормальної пружності зовнішньої та внутрішньої оболонок, Н/мм^2 (див. **Додаток В** до частини XII «Матеріали» цих Правил).

Такий підхід застосовується, якщо внутрішня і зовнішня оболонки мають близькі механічні властивості, тобто відрізняються не більше ніж на 25%.

.3 Допустиме напруження розтягування для зовнішньої оболонки.

Значення напруження розтягування зовнішньої оболонки σ_{dto} наведено в табл. 3.3.5.2, тобто воно дорівнює 0,5 · σ_{ut}.

.4 Значення допустимого напруження стиснення внутрішньої оболонки σ_{dci}приймається меншим із:

$$0{,}5\sigma_{\text{uc}} \text{ або } 0{,}3\sqrt[3]{E_{\text{C}}\times E_{\text{CO}}}\times G_{\text{C}} \qquad (3.3.5.3\text{-}4)$$

де: E_{C} - модуль нормальної пружності при стисканні *E* внутрішньої оболонки в площині оболонки при напрямку 0° / 90° (див. **Додаток В** до частини XII «Матеріали» цих Правил), Н / мм^2;

E_{CO} - модуль нормальної пружності при стисканні *E* заповнювача у напрямку, перпендикулярному оболонці (див. **Додаток С** до частини XII «Матеріали» цих Правил), Н/мм^2;

G_{C} - модуль пружності при зсуві заповнювача у напрямку, паралельному навантаженні (див. **Додаток С** до частини XII «Матеріали»), Н/мм^2.

Формула (3.3.5.3-3) може бути записана у вигляді Н · мм^2/мм:

$$EI\,(\text{на 1 мм ширины})=\frac{b^3\times k_C{}^3\times P\times k_3}{12\times 10^3\times k_1} \qquad (3.3.5.3\text{-}5)$$

Такий підхід більш застосовний, якщо внутрішня і зовнішня оболонки сильно різняться, наприклад, внутрішня оболонка - з міцного вугілля, зовнішня - з вуглецю/араміду.

Див. також **Додаток В** цієї частини Правил для розрахунку *W* і *I* тришарових панелей.

Див. також **Додаток Е** цієї частини Правил для пошарового розрахунку або оцінки згинального моменту тришарової панелі.

3.3.5.4 Вимоги до товщини для забезпечення опору зсуву

Для ефективної передачі зсувних навантажень товщина тришарової панелі повинна бути не менше, мм:

$$t_S \geq \sqrt{k_C}\,\frac{k_{SHC}\times P\times b}{1000\times \tau_d} \qquad (3.3.5.4)$$

де: $t_S = t_C + 0{,}5\cdot(t_i + t_0)$ - відстань між серединами товщин оболонок тришарової панелі, мм;

k_C – коригувальний коефіцієнт для вигнутої пластини, що визначається за табл. 3.3.1.3;

t_0 - товщина зовнішньої оболонки тришарової панелі, крім гелькоута, мм;

t_i – товщина внутрішньої оболонки тришарової панелі, мм;

t_C – товщина заповнювача, мм;

k_{SHC} - коефіцієнт опору зсуву, що залежить від відношення сторін пластини і наведений у табл. 3.3.5.4-2.

Якщо пружні властивості оболонок різняться більш ніж на 25% по головним осям, k_{SHC} не слід приймати менше 0,465;

P - розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу, тощо) для пластин згідно **2.4**, кН/м^2;

b - менший розмір пластини згідно **3.2.1.1** мм;

τ_d–допустиме напруження зсуву для заповнювача відповідно до табл. 3.3.5.4-1, Н/мм^2;

.

Таблиця 3.3.5.4-1**Допустимі напруження зсуву для заповнювача тришарової панелі**

Матеріал	**Допустиме дотичне напруження τ_d, Н/мм^2**
Бальза поперек волокон	$0{,}5\tau_u$*
Заповнювач, що має відносне подовження при зсуві < 35% (поперечно-зв'язаний ПВХ)	$0{,}55\tau_u$
Заповнювач, що має відносне подовження при зсуві > 35% (лінійний ПВХ, SAN, тощо)	$0{,}65\tau_u$
Стільниковий заповнювач (придатний для морських суден)	$0{,}5\tau_u$**
Примітки. τ_u – границя міцності при зсуві заповнювача відповідно до **Додатку С** до частини XII «Матеріали» цих Правил, Н/мм^2. * Якщо бальза має низький ступінь мінливості механічних властивостей і заповнювач ізольований смолою від впливу вологи, допускається приймати $\tau_d = 0{,}55\tau_u$. ** Основні властивості використовуються вздовж короткої сторони пластини.	

Таблиця 3.3.5.4-2**Коефіцієнт опору зсуву k_{SHC} залежно від *l/b***

l/b	>4,0	3,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
k_{SHC}*	0,500	0,493	0,463	0,459	0,453	0,445	0,435	0,424	0,410	0,395	0,378	0,360	0,339
Примітка. k_{SHC} відповідає силі зсуву вздовж більшої сторони прямокутної пластини. * k_{SHC} може розраховуватися за формулою: $k_{SHC} = 0{,}035 + 0{,}394\times\frac{l}{b} - 0{,}09\times(\frac{l}{b})^2$ при $l/b < 2$													

3.3.5.5 Допустимі дотичні напруження для заповнювача

Для ламінату, що використовується в днищі, значення допустимих дотичних напружень матеріалу заповнювача, що наведені в **3.3.5.4** і які визначені в В.1.1 або В.1.2 **Додатку В** цієї частини Правил, повинні, принаймні, відповідати значенням, вказаним у табл.3.3.5.5.

Таблиця 3.3.5.5**Допустимі дотичні напруження заповнювача залежно від довжини судна**

Довжина *L*н, м	< 10	10 ≤ *L*н ≤ 15	15< *L*н <20*
τ_{dmin}, Н/мм^2	0,25	0,25+0,03 · (*L*н – 10)	0,40
Примітка. Значення τ_{dmin}, рівні 0,25Н/мм^2 та 0,40Н/мм^2, відповідають заповнювачу з поперечно-зв'язаного ПВХ щільністю 50кг/м^3 та 75кг/м^3 відповідно. *Застосовується також для прогулянкових суден довжиною до 24м.			

3.3.5.6 Мінімальна маса армуючих волокон в оболонках тришарової панелі

Для того, щоб зменшити ризик проколу або пошкодження оболонки, необхідно розрахувати мінімальну масу армуючого волокна, віднесену до одиниці площі оболонки за формулами, кг/м^2:

$$w_{OS} = k_{DS} \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot (0{,}1 \cdot L_{WL} + 0{,}15) \qquad (3.3.5.6\text{-}1)$$

$$w_{IS} = 0{,}7 \cdot w_{OS} \qquad (3.3.5.6\text{-}2)$$

де: w_{OS} – маса волокон на квадратний метр у зовнішньому шарі, кг/м^2;
w_{IS} - маса волокон на квадратний метр у внутрішньому шарі, кг/м^2;
k_4 - коефіцієнт розташування мінімальної оболонки тришарової обшивки:
k_4 = 1 для днища, k_4 = 0,9 для борту, k_4 = 0,7 для палуби;
k_5 - коефіцієнт типу волокон оболонки тришарової обшивки:
k_5 = 1,0 при армуванні Е-склом, що містить у CSM-маті до 50% рубаного скла,
k_5 = 0,9 для безперервного армування скловолокном (тобто для біаксіальної, ровінгової, односпрямованої, біаксіальної двошарової або мультиаксіальної тканини),
k_5 = 0,7 для безперервних волокон з араміду, високоміцного вуглецю або їх гібридів,
k_6 - коефіцієнт твердості тришарової обшивки:
k_6 = 0,9 для суден, у яких зовнішня тришарова обшивка може бути проколота після удару об гострий об'єкт,
k_6 = 1 для інших суден.

Якщо k_6 = 0,9, у Керівництві для власника судна повинно бути наведено попередження про те, що судно може бути проколоте після удару гострим предметом, а також повинен наводитися швидкий спосіб усунення пошкодження.

3.3.6 Мінімальна товщина пластин обшивки

3.3.6.1 Загальні відомості

На додаток до попередніх вимог **3.3.2.2, 3.3.3.2, 3.3.4.2** нижче викладені вимоги до мінімальних товщин пластин, виготовлених з металу, фанери, дерева та для пластин одношарової обшивки з АВ-пластику.

Примітка. Вимоги цієї частини Правил передбачають нормальну та безпечну експлуатацію судна, при якій на додаток до навантаження від води, зовнішня обшивка повинна витримувати навантаження від удару плаваючим сміттям, предметами, що падають, при швартуванні, навантаженні тощо. Мінімальні товщини днища та борту залежать головним чином від швидкості та водотоннажності. На мінімальну товщину палуби впливає тільки довжина судна. Ці вимоги засновані на експлуатаційному досвіді.

3.3.6.2 Мінімальна товщина пластин або маса армуючих волокон зовнішньої обшивки

Мінімальна товщина для сталевих металевих пластин, мм:

$$t_{MIN} = 1{,}5 \cdot k_5 \cdot (K + k_7 \cdot \upsilon + k_8 \cdot m^{0{,}33}{}_{LDC}) \qquad (3.3.6.2\text{-}1)$$

Мінімальна товщина для металевих пластин із алюмінієвих сплавів, мм:

$$t_{MIN} = 1{,}15 \cdot k_5 \cdot (K + k_7 \cdot \upsilon + k_8 \cdot m^{0{,}33}{}_{LDC}) \qquad (3.3.6.2\text{-}2)$$

Мінімальна товщина для фанери, мм:

$$t_{MIN} = k_5 \cdot (K + k_7 \cdot \upsilon + k_8 \cdot m^{0{,}33}{}_{LDC}) \qquad (3.3.6.2\text{-}3)$$

Мінімальна маса армуючих волокон у ламінаті, кг/м^2:

$$w_{\mathrm{MIN}} = 0,43 \times k_5 \times (K + k_7 \times \upsilon + k_8 \times m_{\mathrm{LDC}}^{0,33}) \qquad (3.3.6.2\text{-}4)$$

де: K, k_5, k_7, і k_8 визначаються за табл. 3.3.6.2. Для вітрильних суден швидкість υ приймається рівною $2,36\sqrt{L_{\mathrm{WL}}}$.

Таблиця 3.3.6.2 **Коефіцієнти для визначення мінімальної товщини обшивки**

Матеріал	**Район**	***K***	$\boldsymbol{k_5}$	$\boldsymbol{k_7}$	$\boldsymbol{k_8}$
АВ-пластик	Днище	1,5	Визначається в 3.3.5.6	0,33	0,15
	Борт/транець	1,5		0	0,15
Алюміній	Днище	1,0	$\sqrt{125/\sigma_y}$	0,02	0,1
	Борт/транець	1,0		0	0,1
Сталь	Днище	1,0	$\sqrt{240/\sigma_y}$	0,015	0,08
	Борт/транець	1,0		0	0,08
Фанера	Днище	3,0	$\sqrt{30/\sigma_{uf}}$	0,05	0,3
	Борт/транець	3,0		0	0,3

3.3.6.3 Мінімальна товщина настилу палуби

Значення мінімальної товщини палуби визначаються за табл. 3.3.6.3.

Таблиця 3.3.6.3 **Мінімальна товщина настилу палуби**

Район	**Вимоги до мінімальної товщини настилу палуби $t_{\min}$, мм**			
	АВ-пластик	**Алюміній**	**Сталь**	**Дерево, фанера**
Палуба	$k_5(1,45+0,14L_{\mathrm{WL}})$	$1,35+0,06L_{\mathrm{WL}}$	$1,5+0,07L_{\mathrm{WL}}$	$3,8+0,17L_{\mathrm{WL}}$

За табл. 3.3.6.3 визначається товщина $t_{\min}$.

Для АВ-пластику ці вимоги можуть бути замінені використанням формул (11.4.1-1) ÷ (11.4.1-4) для визначення маси армуючих волокон.

3.3.6.4 Мінімальна товщина корпусу суден, виготовлених із поліетиленів (PE) високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності

3.3.6.4.1 Мінімальна товщина зовнішньої обшивки днища і борту повинна бути не менше визначеною за формулою, мм:

$$t_{\min} = k \cdot s \cdot [\sqrt{\mathrm{PF}/(6,7L)}] \cdot (14 + 3,6L), \qquad (3.3.6.4.1)$$

де: k = 1,0 для LDPE,
k = 0,85 для MDPE,
k = 0,72 для HDPE;
s – відстань між елементами жорсткості, м;
PF – коефіцієнт тиску для днища і відповідно для борту ($\mathrm{PF_b}$ і $\mathrm{PF_s}$), взятий із рис. 3.3.6.4.1-1 і рис. 3.3.6.4.1-2.

3.3.6.4.2 Мінімальна товщина палуби, перегородок і надбудов/рубок повинна бути не менше визначеною за формулою, мм:

$$t_{\mathrm{i}} = 0,8t_{\min} \qquad (3.3.6.4.2)$$

3.3.6.4.3 Розрахункові значення товщин, які отримані прямими методами розрахунку, повинні бути не менше 80% від указаних у відповідних емпіричних формулах, що наведені вище.

3.3.6.4.4 Товщина обшивки транця повинна бути збільшена по усій ширині.

3.3.6.4.5 Допустиме напруження для пластин із поліетиленів (PE)

Таблиця 3.3.6.4.5

Матеріал	Елемент корпусу	Допустиме напруження σ_d Н/мм^2
Поліетилен (PE)	Усі елементи	$0{,}5\sigma_{uf}$
Де: σ_{uf} – границя міцності при згині, Н/мм^2		

Механічні властивості для поліетилену (PE) повинні бути визначені відповідно до вимог **11.4.3** та **Додатку D** частини XII «Матеріали» цих Правил.

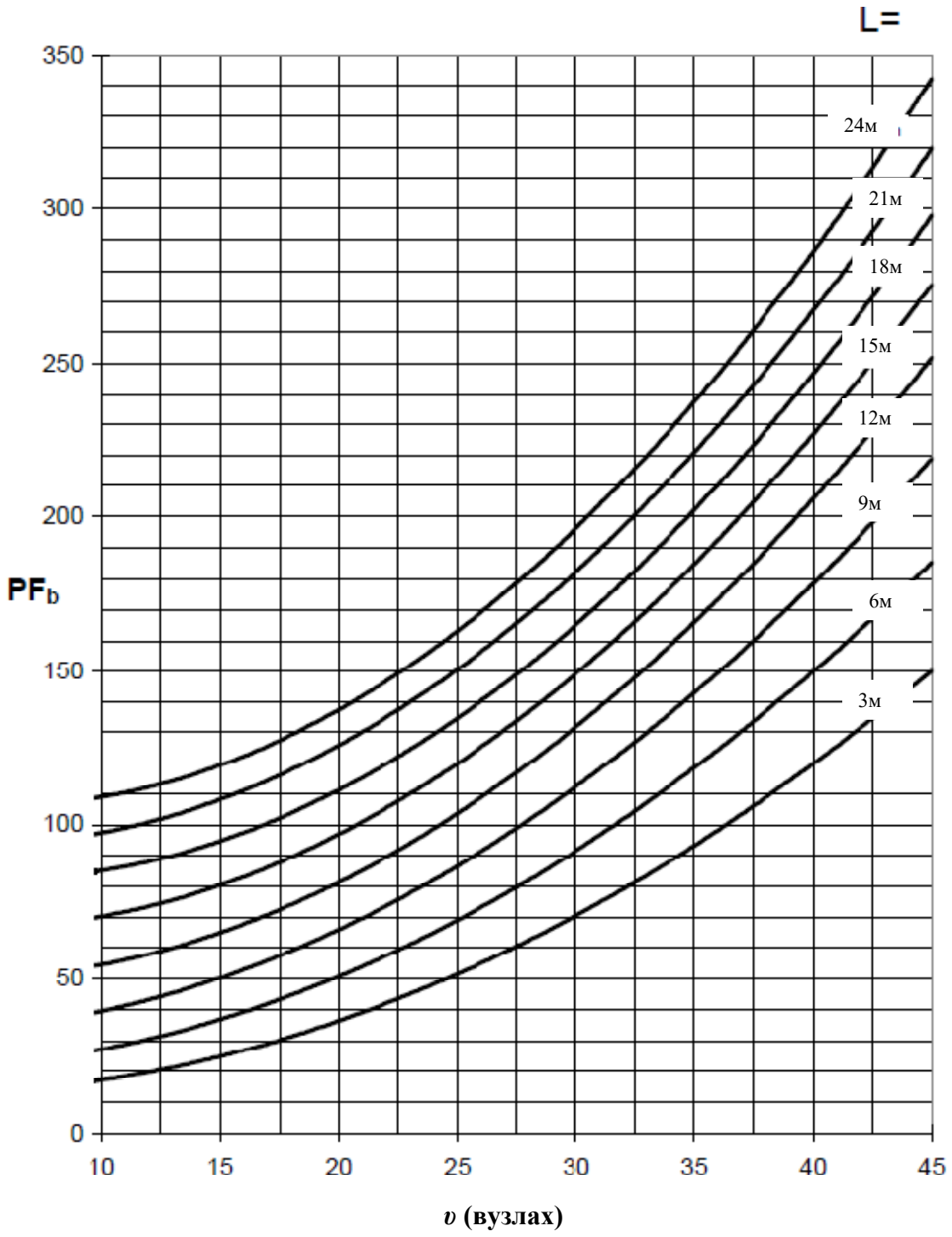


Рис. 3.3.6.4.1-1

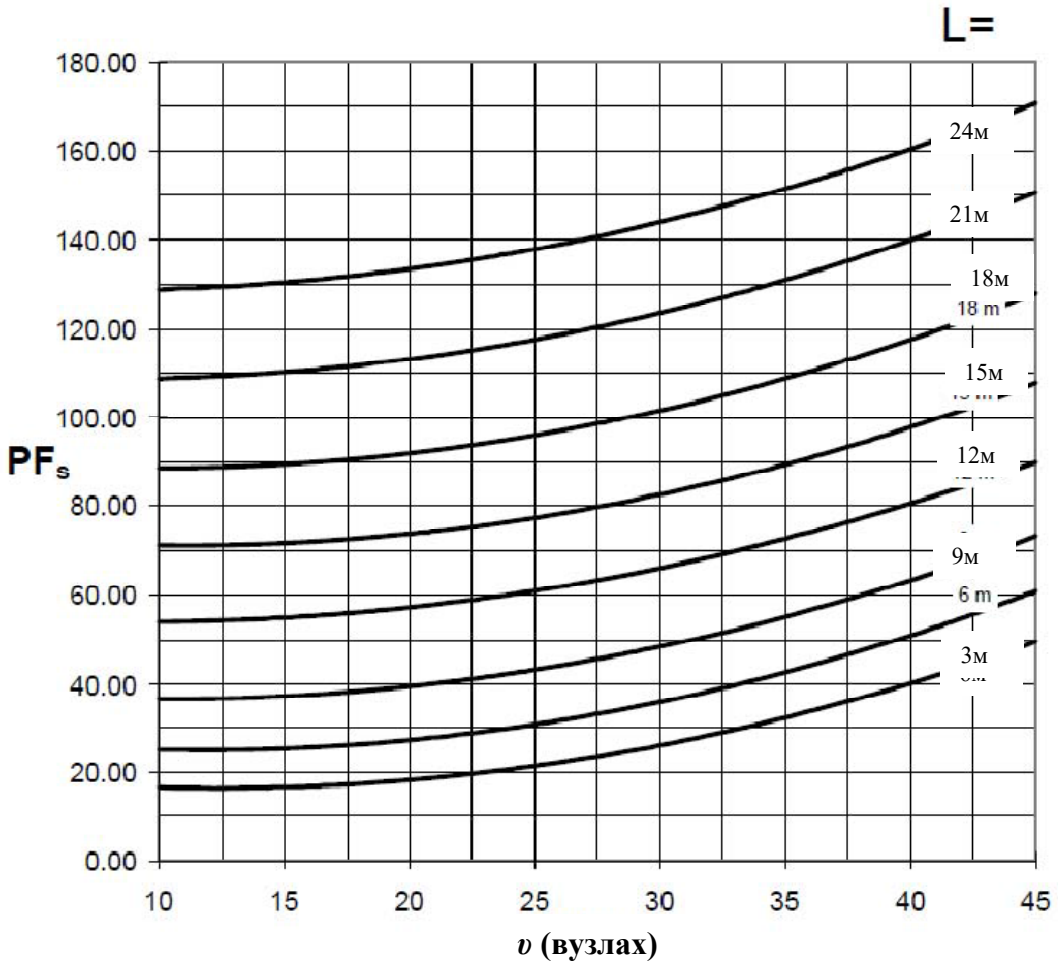


Рис. 3.3.6.4.1-2

3.3.7 Корпусні конструкції з армоцементу

Основні принципи визначення розмірів елементів корпусу з армоцементу повинні задовольняти вимогам, викладеним у розділі 7.

3.4 РЕБРА ЖОРСТКОСТІ, ПЕРЕГОРОДКИ, ПІЛЕРСИ І РОЗКОСИ. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ

3.4.1 Загальні відомості

Пластини повинні підтримуватися встановлюваними елементами жорсткості (див. розділи **4 ÷ 7**).

Жорсткість ребер жорсткості повинна бути такою, щоб навантаження ефективно передавалося від пластин через основний набір на рамний і далі на перекриття корпусу та перегородки.

Вищевказане не поширюється на конструкції осередкового типу з металу та АВ-пластику, вимоги до конструкції яких наведені в **3.2.2.4** та **5.5.4.3**.

Визначення основного та рамного набору наведені у **4.2**.

3.4.2 Коригувальні коефіцієнти для ребер жорсткості

3.4.2.1 Коригувальний коефіцієнт для вигнутого ребра жорсткості k_{CS}

Коригувальний коефіцієнт k_{CS} визначається за табл.3.4.2.1.

Таблиця 3.4.2.1 **Значення k_{CS} для вигнутого ребра жорсткості**

c_u/l_u	k_{CS}
от 0 до 0,03	1
от 0,03 до 0,18	$1,1 - 3,33(c_u/l_u)$
> 0,18	0,5

де: c_u - стрілка прогину ребра жорсткості [див. рис. 3.2.2.2 д)], мм;
l_u - прогін ребра жорсткості, мм.

Коефіцієнт k_{CS} застосовується до опуклих та увігнутих ребер жорсткості, але не повинен прийматися менше 0,5 або більше 1,0.

3.4.2.2 Коефіцієнт площі поперечного перерізу k_{SA}

Коефіцієнт k_{SA} визначається за табл. 3.4.2.2.

Таблиця 3.4.2.2 **Значення коефіцієнта k_{SA}**

Тип кріплення ребра жорсткості	k_{SA}
З'єднаний з пластиною	5
Вільний шпангоут, див. **5.3.3.4**	7,5

3.4.3 Допустимі напруження для ребер жорсткості

Таблиця 3.4.3

Матеріал	Нормальне: σ_d, Н/мм^2	Дотичне: τ_d, Н/мм^2
Пластик, армований волокном (АВ-пластик), поліетилен (PE)	$0,5\sigma_{ut}$ і $0,5\sigma_{uc}$*	$0,5\,\tau_u$
Алюмінієвий сплав	$0,7\sigma_{yw}$	$0,4\sigma_{yw}$**
Сталь	$0,8\sigma_y$	$0,45\sigma_y$
Шпангоути із ламінованої деревини	$0,45\sigma_{uf}$***	$0,45\,\tau_u$
Шпангоути із цільної деревини	$0,4\sigma_{uf}$***	$0,4\,\tau_u$
Фанера по вільній кромці	$0,45\sigma_{uf}$***	$0,45\,\tau_u$

Примітка. Ці допустимі напруження також застосовні для приєднаних поясків ребер жорсткості, в залежності від типу матеріалу.
*σ_{uc} характеризує напруження стиснення (зазвичай у верхній полиці РЖ),
σ_{ut} характеризує напруження розтягування (як правило, у прилеглій пластині), тому мають розраховуватися обидва варіанти.
**Застосовується для ребер жорсткості, що приварюються. Якщо алюмінієві ребра жорсткості кріпляться на заклепках, клеї та ін., повинні використовуватися «зварні» властивості (тобто властивості без термічного впливу зварювання).
*** Значення σ_{uf} для РЖ із ламінованої деревини та σ_{uf} для цілісних заготовок повинні бути взяті з табл. С.1 **Додатку С** цієї частини Правил.
Для фанери значення σ_{uf} повинно прийматися не з таблиці С.2, а із таблиць С.3 чи С.6 **Додатку С** цієї частини Правил.

τ_u – це границя міцності при зсуві в площині ребра жорсткості, Н/мм^2. Інші змінні визначаються вище.

Границя плинності σ_y чи σ_{yw} для металів, що наведені у табл. 3.4.3, є напруженням розтягування.

Для цілей цієї частини Правил границя міцності при зсуві для сталі та алюмінію приймається рівними: $0{,}58\sigma_y$ для сталі та $0{,}58\sigma_{yw}$ для алюмінієвих сплавів.

Механічні властивості матеріалів повинні прийматися з:

• **11.4.1** – для пластику, армованого волокном;

• **Додатку С** цієї частини Правил – для деревини; або

· **11.4.3** та **Додатку D** до частини XII «Матеріали» цих Правил – для поліетилену (PE);

• стандартів, визнаних Регістром для металів.

3.4.4 Вимоги до розмірів елементів ребер жорсткості, виготовлених з однорідних матеріалів

Однорідними вважаються матеріали, у яких механічні властивості відрізняються менш ніж на 25% один від одного.

3.4.4.1 Для будь-якого матеріалу: мінімальні момент опору та площа поперечного перерізу

Площа поперечного перерізу стінки A_W, см^2, та мінімальний момент опору $W_{РЖ}$, см^3, ребер жорсткості, включаючи приєднаний поясок (див. **3.4.6**), повинні бути не меншими за значення:

$$A_W = \frac{k_{SA} \times P \times s \times l_u}{\tau_d} 10^{-6} \qquad (3.4.4.1\text{-}1)$$

$$W_{РЖ} = \frac{83{,}33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^{\,2}}{\sigma_d} 10^{-9} \qquad (3.4.4.1\text{-}2)$$

де: k_{CS} – коригувальний коефіцієнт для вигнутого ребра жорсткості з табл. 3.4.2.1;

k_{SA} - коефіцієнт площі поперечного перерізу ребра жорсткості, що визначається за табл. 3.4.2.2;

P – розрахунковий тиск (на днище, борт, палубу тощо) для пластини згідно **2.4**,кН/м^2;

s - шпація, що визначається згідно з **3.2.2.1**, мм;

l_u - довжина прогону ребра жорсткості, як визначено в **3.2.2.2** і **3.2.2.3**, але не більше $330L_н$, мм;

σ_d - допустиме нормальне напруження для ребра жорсткості, з табл. 3.4.3, Н/мм^2;

τ_d – допустиме дотичне напруження площі поперечного перерізу РЖ, що визначається за табл. 3.4.3, Н/мм^2.

Примітки:

1. Площа поперечного перерізу стінки A_W для П-подібного профілю з АВ-пластику є сумою площ обох стінок, верхньої полиці, прилеглих до обшивки фланців РЖ і приєднаного пояска самої обшивки.

2. Для елементів рамного набору шпація s є рамною шпацією (відстанню між елементами рамного набору).

3. Розрахунок A_W та $W_{РШ}$ для елементів поздовжнього рамного набору необхідно виконувати з урахуванням довжини прогону l_u, що визначається згідно з **3.2.2.3.2**, але не більше $330L_н$, мм..

3.4.4.2 Вимоги до жорсткості РЖ із АВ-пластику і поліетилену (PE)

Жорсткість ребер жорсткості визначається моментом інерції РЖ разом з приєднаним пояском. Момент інерції повинен становити не менше, см^4:

$$I = \frac{26 \times k_{CS}^{1,5} \times P \times s \times l_u^{\,3}}{k_{1S} \times E_{tc}} 10^{-11} \qquad (3.4.4.2)$$

де: E_{tc} - модуль пружності на розтягування/стиснення матеріалу (див. **Додатки B і D** до частини XII «Матеріали» цих Правил), Н/мм^2;

k_{1S} = 0,05 - коефіцієнт відхилення для ребер жорсткості (допустиме відносне відхилення y/l_u).

3.4.4.3 Розміри ребер жорсткості, виготовлених із поліетилену (PE) високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності повинні відповідати призначенню судна і витримувати навантаження, яким судно піддається, або може стикатися. Для цього необхідно надати Регістру прямі розрахунки.

3.4.5 Визначення розмірів елементів ребер жорсткості, виготовлених з різнорідних матеріалів

3.4.5.1 Різнорідними матеріалами вважаються такі, у яких механічні властивості відрізняються більш ніж на 25% один від одного. Для таких ребер жорсткості допустимий згинальний момент не обов'язково відповідає напруженню у віддалених від нейтральної осі елементах поперечного перерізу. Критеріями тут повинні бути: допустимий згинальний момент, необхідна сумарна жорсткість $\sum EI$ і допустима перерізуюча сила. Значення перерізуючої сили (згинального моменту) F_d (M_d) відповідає першому шару в наборі ламінату при досягненні в цьому шарі допустимих напружень.

Дерев'яні ребра жорсткості, які виготовлені з різнорідних матеріалів, а також зроблені з цільної деревини або ламінату, зазвичай, вздовж волокон набагато міцніші, ніж пластини. Докладніше вимоги до таких РЖ наведені у D.5 **Додатку D** цієї частини Правил.

Допустима перерізуючи сила, Н:

$$F_{\mathrm{d}} = 5 \times P \times s \times l_{\mathrm{u}} \times 10^{-4} \qquad (3.4.5.1\text{-}1)$$

Допустимий згинальний момент, Нм:

$$M_{\mathrm{d}} = 83.33 \times k_{\mathrm{CS}} \times P \times s \times l_{\mathrm{u}}^2 \times 10^{-9} \qquad (3.4.5.1\text{-}2)$$

Для різних матеріалів момент опору та напруження, як правило, розраховуються для кожного шару, як:

$$W_{\mathrm{i}} = \frac{\sum E_{\mathrm{i}} \times I_{i\mathrm{NA}}}{z_{\mathrm{crit}} \times E_i} \quad \text{і} \quad \sigma_{\mathrm{i}} = \frac{M_{\mathrm{d}}}{W_i}$$

де: z_{crit} - відстань до критичного перерізу в межах шару (звичайно найвіддаленіша точка від нейтральної осі). У багатьох випадках «критичний» шар у «слабкому» матеріалі очевидний і розрахунок повинен виконуватися тільки для нього (див. приклад Е.2.1.9 **Додатку Е** цієї частини Правил).

Альтернативний метод розрахунку (див. приклад, наведений у D.5.5 **Додатку D** цієї частини Правил) повинен враховувати всі матеріали, що мають той самий модуль пружності E як «базового» елемента (ребро жорсткості або пластина), регулюючи ширину всіх інших матеріалів залежно від відношення E/E_{base} , уникаючи, таким чином, розрахунку суми $\sum E_{\mathrm{i}} \cdot I_{\mathrm{iNA}}$.

Напруження для і-елемента розраховується як:

$$\sigma_i = \frac{M_{\mathrm{d}}}{W_i} \times \frac{E_{\mathrm{base}}}{E_i}$$

3.4.5.2 Вимоги до жорсткості РЖ із різнорідних матеріалів

Сума добутків EI усіх елементів ребра жорсткості визначається за формулою, Н·см^4/мм^2:

$$\sum (E_{\mathrm{TC}} \times I) \geq \frac{26 \times k_{\mathrm{CS}}{}^{1,5} \times P \times s \times l_{\mathrm{u}}{}^3}{k_{1\mathrm{S}}} 10^{-11} \qquad (3.4.5.2)$$

де: $k_{1\mathrm{S}}$ = 0,05 - коефіцієнт деформації для ребер жорсткості (допускається відносна деформація y/l_{u});
k_{CS} та k_{SA} визначаються вище в табл. 3.4.2.1 та **3.4.2.2** відповідно.

Примітка: при застосуванні в табл. Е.3 **Додатку Е** цієї частини Правил формули (3.4.5.2), суму добутків $\sum EI$ легше обчислювати в ньютонах на квадратний міліметр і тому ступінь 10^{-11} повинна бути замінена на 10^{-7}.

Напруження від перерізуючої сили, які визначаються за формулою (3.4.5.1-1), повинні ефективно передаватися на наступні опорні елементи: рамний набір або перекриття корпусу.

Докладніше див. розділи **4 ÷ 6.**

3.4.6 Приєднаний поясок

3.4.6.1 Нижній елемент ребра жорсткості працює на вигин і є полосою пластини, яка називається «приєднаним пояском», як показано на рис. 3.4.6.1. Ширина приєднаного пояска b_e розраховується відповідно до табл. 3.4.6.1, але не повинна прийматися більше ніж фактична відстань між ребрами жорсткості (шпації).

Таблиця 3.4.6.1 **Призначення ширини приєднаного пояска**

Матеріал	Сталь**	Алюмінієвий сплав**	Одношаровий АВ-пластик, поліетилен (PE)	Тришаровий АВ-пластик	Дерево, фанера
b_e	$80t$	$60t$	$20t$	$20(t_0+t_i)$*	$15t$
* Приєднаний поясок, рівний 20-кратній товщині внутрішнього і зовнішнього шарів, відокремлених від заповнювача, вважається неефективним, тобто. $E_{core}= 0$. **Для суден довжиною 8м ≤ L < 24м див. **3.4.6.7**.					

Наведені у таблиці формули справедливі для будь-якого ребра жорсткості: стрингера, шпангоуту, стояка перегородки тощо.

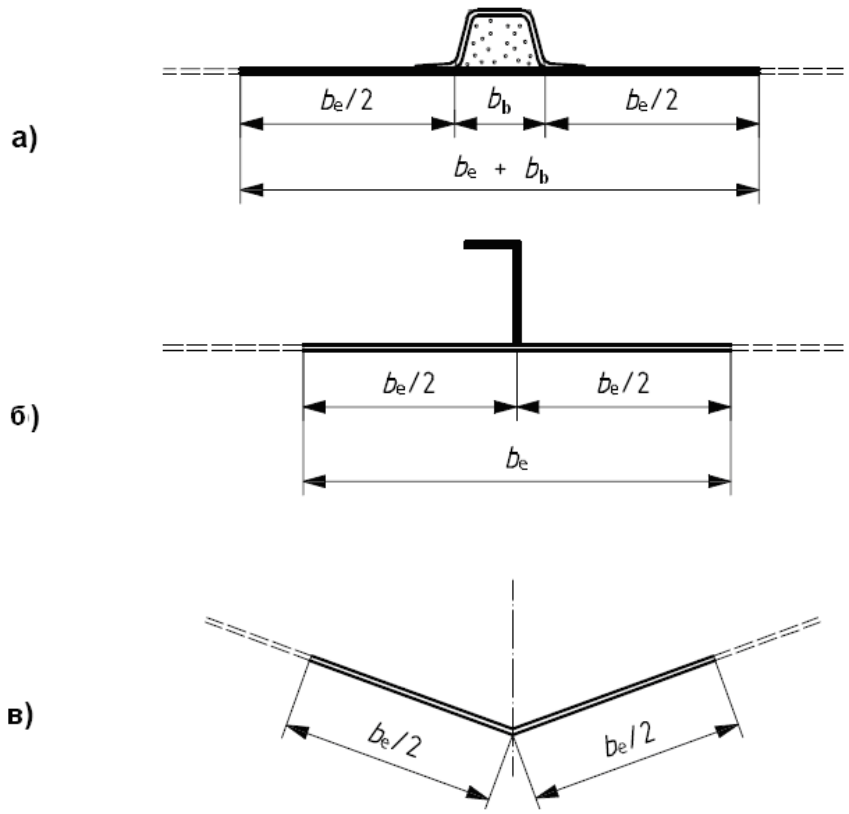


Рис. 3.4.6.1. Приклади зарахування в ширину приєднаного пояска частини пластин різних елементів жорсткості

3.4.6.2 Якщо ребро жорсткості має значну ширину, ця ширина може бути додана до ширини приєднаного пояска, як показано на рис.3.4.6.1 а).

3.4.6.3 Для ребра жорсткості, що має великі вирізи в стінці, площа поперечного перерізу приєднаного пояска повинна бути зменшена на 50% порівняно з наведеними вимогами.

Механічні властивості приєднаного пояска повинні враховуватися у напрямку, паралельному ребру жорсткості.

3.4.6.4 Для дерев'яних ребер жорсткості площа поперечного перерізу приєднаного пояска може істотно відрізнятися залежно від напрямку волокон пластини обшивки щодо волокон ребра жорсткості. У разі рейкової зовнішньої обшивки, коли рейки розташовані перпендикулярно

шпангоутам, розмір приєднаного пояска незначний і шпангоут повинен розглядатися як «вільний». Роз'яснення та вимоги щодо розрахунку приєднаного пояска дерев'яних шпангоутів наведено в D.5 **Додатку D** цієї частини Правил.

3.4.6.5 Ширина приєднаного пояска комінгсів вантажних люків приймається рівною 1/12 їхнього прогону, але не більше половини відстані між вантажним люком і бортом для поздовжнього комінгсу і половини відстані між вантажним люком і поперечною перегородкою (або найближчим до вантажного люка бімсом) для поперечного комінгсу.

3.4.6.6 Для елементів набору, розташованих уздовж вирізу, максимальною шириною приєднаного пояска обшивки є половина ширини, зазначеної в **3.4.6.5**.

3.4.6.7 Прогони балок та ширина приєднаного пояска суден з металевим корпусом довжиною 8м ≤ *L* < 24м

Довжина прогону балки основного і рамного набору l вимірюється вздовж вільного пояска балки як відстань між її опорними перерізами (див. **3.2.2.3**). Якщо встановлені кінцеві книці, то опорні перерізи приймаються посередині довжини книці, якщо не обумовлено інше. При цьому положення опорного перерізу вибирається таким чином, щоб висота кінцевої книці в ньому не перевищувала висоти стінки балки, що розглядається (рис.3.2.2.3). Для криволінійних балок довжина прогону приймається рівною довжині хорди, що з'єднує центри опорних перерізів.

Товщина приєднаного пояска приймається рівною його середній товщині в перерізі балки набору, що розглядається.

Ширина приєднаного пояска $a_п$, м, балок основного набору визначається за формулами, залежно від того, що менше:

$a_п = l/6$; або

$$a_п = 0{,}5(a_1 + a_2), \qquad (3.4.6.7\text{-}1)$$

де: a_1, a_2 – відстань від балки, що розглядається, до найближчих балок того ж напрямку, розташованих по обидва боки від цієї балки, м.

Ширина приєднаного пояска балок рамного набору $c_п$, м, визначається за формулою:

$$c_п = k \cdot c, \qquad (3.4.6.7\text{-}2)$$

де: $c = 0{,}5(c_1 + c_2)$; (3.4.6.7-3)

c_1, c_2 - відстань від рамної балки, що розглядається, до найближчих рамних балок того ж напрямку, розташованих по обидва боки від цієї балки, м;

k - коефіцієнт, який визначається за табл. 3.4.6.7 залежно від величини c, зведеного прогону $l_{пр}$ і кількості балок n, які підтримуються рамною балкою, що розглядається, в межах прогону.

Для рамних балок довжина приведеного прогону визначається за формулою (3.4.6.7-4) - для балок вільно обпертих по кінцях, і за формулою (3.4.6.7-5) - для жорстко закріплених балок.

$$l_{пр} = l; \qquad (3.4.6.7\text{-}4)$$

$$l_{пр} = 0{,}6l \qquad (3.4.6.7\text{-}5)$$

Умови обпирання кінців балок набору (жорстке закріплення, вільна опора) визначаються виходячи з загальних інженерних принципів із урахуванням реального конструктивного виконання (наявність книць, приварювання стінок, поясків тощо) і характеризуються наявністю чи відсутністю дії згинального моменту в опорному перерізі балки.

Ширина приєднаного пояска рамних балок, розташованих перпендикулярно до напрямку гофрів, повинна прийматися рівною $15t$ і $20t$ для коробчастих і хвилястих гофрів відповідно (t - товщина гофрованих листів чи обшивки настилу, мм) або $0{,}1c$ залежно, від того, що менше,

де: c - визначається за формулою (3.4.6.7-3), мм.

Таблиця 3.4.6.7

Кількість балок *n*	***k* при $l_{пр}/c$**						
	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
Примітка: для проміжних значень $l_{пр}/c$ і *n* коефіцієнт *k* визначається лінійною інтерполяцією.							

3.4.7 Геометричні характеристики ребер жорсткості

3.4.7.1 Форма та розміри

Форма та розміри поперечного перерізу ребра жорсткості визначаються за формулами та таблицями **Додатку D** цієї частини Правил з урахуванням даних **Додатків B і D** до частини XII «Матеріали» цих Правил.

При цьому слід дотримуватися таких вимог:

висота стінки балки *h* повинна бути не менше 1⁄30 її прогону, мм;

товщина стінки балки t_w повинна бути не меншою $h/100+2$, мм.

Рекомендується, щоб товщина стінки балки не перевищувала товщини листа обшивки або настилу, який підтримує балка.

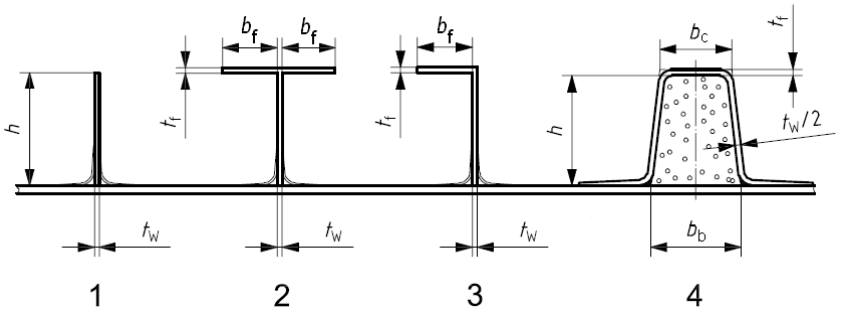
Стінка балки рамного набору повинна бути підкріплена вільним пояском або відігнутим фланцем. Товщина пояска повинна бути не меншою за товщину стінки балки і не повинна перевищувати потроєної товщини стінки балки.

3.4.7.2 Границі відношень розмірів ребер жорсткості

Відношення розмірів $h/(t_w/2)$ і b_c/t_f для П-подібних ребер жорсткості або h/t_w і b_f/t_f для інших видів ребер жорсткості, показаних на рис. 3.4.7.2 не повинні перевищувати максимальних значень, наведених у табл. 3.4.7.2-1, якщо розрахункові напруження σ_{act} чи τ_{act} становлять відповідно 80% від σ_d чи τ_d, наведених у табл. 3.4.3. Якщо розрахункові напруження перевищують цей ліміт, повинна використовуватися табл. 3.4.7.2-2. Дотримання цих відношень зазвичай виключає ризик втрати стійкості ребра жорсткості.

Відношення висоти до ширини умовного профілю дерев'яного ребра жорсткості (з ламінату або цільної деревини), як правило, створює умови, що запобігають втраті стійкості.

Вимоги для П-подібних ребер жорсткості з АВ-пластику, наведені нижче, застосовуються до структурних елементів зі структурно неефективним заповнювачем (наприклад, із заповнювачем з поліуретану).



Позначення: 1 – штаба, 2 – тавр; 3 – фланець; 4 - трапеція (П-подібне РЖ).

Рис. 3.4.7.2. Види РЖ та позначення розмірів їх елементів.

Дотримання границі відношень розмірів у таблицях 3.4.7.2-1 ÷ 3.4.7.2-2 забезпечує опір втраті стійкості стінки та полиці ребра жорсткості. Значення відношень виведені шляхом співвіднесення напружень при поздовжньому вигині від розрахункового навантаження до допустимих напружень. Аналогічні значення можуть бути отримані для пакета одношарового або тришарового ламінату шляхом використання модуля пружності при згині *EI* замість характеристики жорсткості одношарової конструкції ($E_t^3/12$) в стандартних формулах для згину (див. **Додаток E** цієї частини Правил) і порівнювання значень, що розраховуються, з максимально допустимими, наведеними у табл. 3.4.3. Такий метод може бути застосований, якщо ефективний заповнювач підкріплюється стінками з ламінату для запобігання втрати стійкості.

Таблиця 3.4.7.2-1 **Максимально допустимі значення h/t_w, b_c/t_f та b_f/t_f при $\sigma_{act}<\sigma_d$ і $\tau_{act}<\tau_d$ (із табл. 3.4.3)**

Матеріал	Тип профілю				
	Штаба h/t_w	Тавр або фланець		Трапеція	
		h/t_w	b_f/t_f	$h/(t_w/2)$	b_c/t_f
Склопластик, вміст скла у ламінаті 35%	8	30	8	30	21
Алюмінієвий сплав	12	40	12	40	25
Сталь	15	50	15	50	40
Ламінат з вуглецю та/або араміду 0/90, вміст волокон в ламінаті 40-50%	13	40	13	40	35
Фанера	10	40	10	40	25
Поліетилен (PE)	8	-	-	-	-

Таблиця 3.4.7.2-2 **Максимально допустимі значення h/t_w, b_c/t_f та b_f/t_f при $\sigma_{act} = \sigma_d$ і $\tau_{act} = \tau_d$**

Матеріал	Тип профілю				
	Штаба	Тавр або фланець		Трапеція	
	h/t_w	h/t_w	b_f/t_f	$h/(t_w/2)$	b_c/t_f
Усі матеріали	За табл. 3.4.7.2-1	Значення із табл.3.4.7.2-1 $\times\sqrt{k_{AS}}$	За табл. 3.4.7.2-1	Значення із табл.3.4.7.2-1 $\times\sqrt{k_{AS}}$	Значення із табл.3.4.7.2-1 $\times\sqrt{k_{SM}}$

Позначення, наведені вище у тексті, таблицях та на рисунку:

t_w - товщина стінки штабового, таврового або фланцевого РЖ, або сума товщин стінок П-подібного РЖ, або товщина суцільної пластини перегородки, мм;

t_f - товщина пояска або фланця ребра жорсткості, мм;

h – висота стінки ребра жорсткості, мм;

b_f - ширина фланця або половини пояска ребра жорсткості, мм;

b_c - ширина верхнього пояска П-подібного ребра жорсткості, мм;

σ_d – допустиме напруження стиснення згідно табл. 3.4.3, Н/мм^2;

τ_d - допустиме дотичне напруження згідно з табл. 3.4.3, Н/мм^2;

σ_{act} - фактичне напруження стиснення у стінці або фланці, Н/мм^2;

τ_{act} - фактичне дотичне напруження у стінці або фланці, Н/мм^2.

Коефіцієнт корекції перерізуючої сили F_D для ребра жорсткості:

$$k_{AS}=\frac{\text{Фактична площа поперечного перерізу стінки}}{A_W \text{ із формули (3.4.4.1-1)}} \quad \text{або} \quad \frac{\text{Фактична перерізуюча сила}}{F_d \text{ із формули (3.4.5.1-1)}}$$

Коефіцієнт корекції згинального моменту M_B для ребра жорсткості:

$$k_{SM}=\frac{\text{Фактичний момент опору } W_{РЖ}}{\text{із формули (3.4.4.1-2)}} \quad \text{або} \quad \frac{\text{Фактичний згинальний момент } M_B}{M_d \text{ із формули (3.4.5.1-2)}}$$

Формули для розрахунку k_{AS} і k_{SM} у правій частині краще підходять для композитних ребер жорсткості, що наведені у **Додатку Е** до цієї частини Правил.

3.4.7.3 З'єднання ребер жорсткості з пластинами

Зв'язок між ребром жорсткості і пластиною повинен передавати перерізуючу силу, що визначається за формулою (3.4.5.1-1) або яка мається на увазі у формулі (3.4.4.1-1), з великим запасом міцності. Докладніше про такі з'єднання див. у D.5 або E.3 **Додатку D** та **Додатку Е** цієї частини Правил відповідно.

3.4.8 Конструктивні перегородки

3.4.8.1 Перегородки з фанери

Товщина перегородки із цільної фанери, не підкріпленої ребрами жорсткості, повинна становити не менше, мм:

$$t_b = 7{,}0 \cdot D_b \qquad (3.4.8.1)$$

де: D_b - висота перегородки від днища до палуби у борта, м.

3.4.8.2 Тришарові перегородки

.1 Заповнювач

На додаток до вимог підпунктів **.2** та **.3**:

• допустимі дотичні напруження для заповнювачаповинні відповідати вимогам **3.3.5.5** і призначатися за табл. 3.3.5.5;

• товщина заповнювача повинна не менше ніж у п'ять разів перевищувати товщину найтоншої з оболонок.

.2 Тришарові перегородки з однаковими оболонками із фанери

Товщина оболонок t_S і заповнювача t_C визначається рішенням системи рівнянь:

$$t_S \times t_C \geq \frac{t_b^2}{6} \quad \text{і} \qquad (3.4.8.2\text{-}1)$$

$$t_S \times \frac{t_C^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12}, \qquad (3.4.8.2\text{-}2)$$

де: t_b - товщина перегородки з цільної фанери, що визначається за формулою (3.4.8.1), мм.

.3 Тришарові перегородки з АВ-пластику з оболонками однакової товщини

Товщина оболонок t_S і заповнювача t_C визначається рішенням системи рівнянь, мм:

$$t_S \times t_C \geq \frac{t_b^2}{6}\left(\frac{25}{\sigma_d}\right) \quad \text{і} \qquad (3.4.8.2\text{-}3)$$

$$t_S \times \frac{t_C^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12}\left(\frac{4000}{E_{io}}\right), \qquad (3.4.8.2\text{-}4)$$

де: t_b - товщина перегородки з цільної фанери, що визначається за формулою (3.4.8.1);

σ_d і E_{io} – значення допустимого напруження і модуля пружності матеріалу оболонки, що приймаються згідно з **Додатком В** до частини XII «Матеріали» цих Правил.

3.4.8.3 Металеві перегородки

.1 Товщина плоских перегородок визначається згідно з **3.3.3.2** як для металевих пластин при розрахунковому тиску на водонепроникні перегородки згідно з **2.4.3**.

Набір таранних перегородок, якщо він встановлюється, повинен мати розміри не менше, ніж потрібно для перегородок вбудованих цистерн.

.2 Елементи гофрованої перегородки визначаються виходячи з того, що її конструкція поєднує функції обшивки та набору.

Товщина обшивки визначається згідно з підпунктом **.1**, при цьому як менший розмір пластини b приймається більший з розмірів b_B або f_B, як показано на рис. 3.4.8.3.2 а).

Необхідний момент опору коробчастого гофру W [див. рис. 3.4.8.3.2 а)] визначається за формулою, см^3:

$$W = k \cdot e \cdot z \cdot h_B^2 \cdot \left(\frac{b_B}{80 \cdot t}\right)^2 \qquad (3.4.8.3.2\text{-}1)$$

де: k - коефіцієнт, рівний:

k = 15 - для перегородок форпіка та ахтерпіка,

k = 12 – для непроникних перегородок;

z - висота м, виміряна від середини висоти перегородки h_B до палуби надводного борту, але не повинна прийматися менше 1м;

b_B, t - розміри, показані на рис. 3.4.8.3.2 а), см;

e – відстань між осями симетрії гофрів (крок гофрів), як показано на рис. 3.4.8.3.2 а), м;

h_B - висота перегородки, м.

При розрахунках за формулою (3.4.8.3.2-1) співвідношення b_B/t не повинно прийматися більше 46°, а кут зламу обшивки гофрів не повинен бути меншим за 45°.

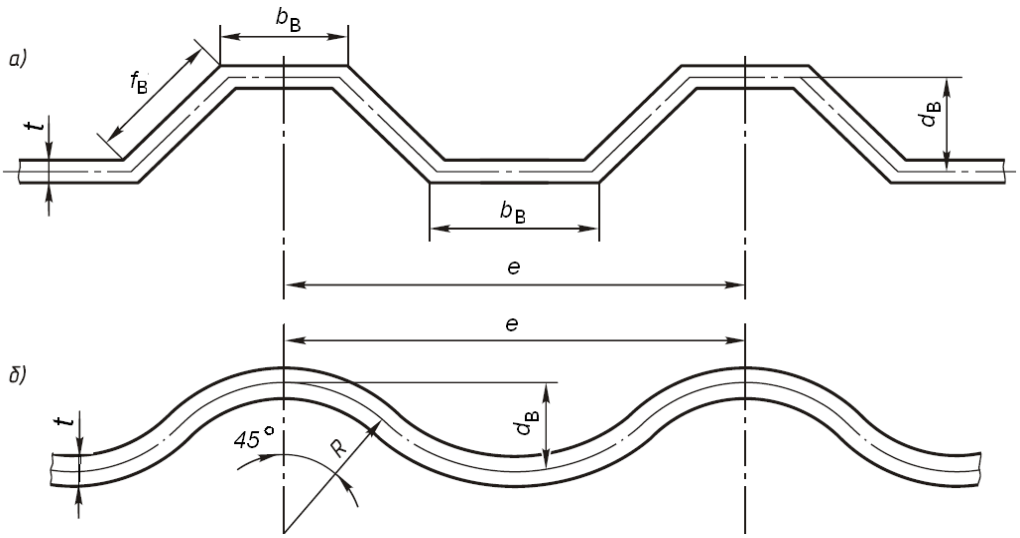


Рис. 3.4.8.3.2 Профілі поперечного перерізу гофрованих перегородок

Фактичний момент опору коробчатого гофру W може бути визначений за формулою [див. рис. 3.4.8.3.2 а)], см^3:

$$W = t \cdot d_B \cdot \left(b_B + f_B/3\right), \qquad (3.4.8.3.2\text{-}2)$$

де: t, d_B, b_B, f_B – розміри, вказані на рис. 3.4.8.3.2 а), см.

Фактичний момент опору коробчатого гофру повинен бути не меншим, що вимагається.

Для інших форм гофрів повинна бути забезпечена рівна міцність з дотриманням розмірів, як показано, наприклад, на рис. 3.4.8.3.2 б).

3.4.8.4 Перегородки з поліетилену (PE)

Мінімальна товщина перегородки із поліетилену (PE) повинна відповідати вимогам **3.3.6.4.**

3.4.9 Пілерси

3.4.9.1 Площа поперечного перерізу пілерса, A, повинна бути не меншою, ніж визначається методом послідовних наближень за формулою, см^2:

$$A = 8 \cdot p \cdot (2 + \lambda)/\sigma_{cr} \qquad (3.4.9.1\text{-}1)$$

де: p - навантаження на пілерси, що визначається за формулою, кН:

$$p = b \cdot l \cdot P_D + \sum_i \left(b \cdot l \cdot P_{Sup}\right)_i; \qquad (3.4.9.1\text{-}2)$$

b - середня ширина площі палуби, що підтримується пілерсом (відстань між сусідніми пілерсами по ширині судна), м;

l - середня довжина площі палуби, що підтримується пілерсом (відстань між сусідніми пілерсами по довжині судна), м;

P_D – розрахунковий тиск на палубу, що визначається згідно **2.4**, кН/м^2;

$\sum_i \left(b \cdot l \cdot P_{Sup}\right)_i$ - сума навантажень від пілерсів, розташованих вище і які діють на пілерс, що розглядається (наприклад, у надбудовах), кН;

σ_{cr} - критичне напруження, що визначається за формулою (3.4.9.1-3) залежно від ейлеревого напруження $\sigma_e = 203/\lambda^2$ (у першому наближенні рекомендується приймати $\lambda = 0{,}4$):

$$\sigma_{cr} = \sigma_e \text{ при } \sigma_e \le 0{,}6\sigma_y,$$

$$\sigma_{cr} = \left(1{,}12 - 0{,}312\frac{\sigma_y}{\sigma_e}\right)\sigma_y \text{ при } 0{,}6\,\sigma_y < \sigma_e < 2{,}6\sigma_y, \qquad (3.4.9.1\text{-}3)$$

$$\sigma_{cr} = \sigma_y \text{ при } \sigma_e \ge 2{,}6\sigma_y,$$

λ - гнучкість пілерса, яка визначається за формулою:

$$\lambda = l_1/i; \qquad (3.4.9.1\text{-}4)$$

l_1 - довжина пілерса, включаючи кінцеве кріплення, м;

i - радіус інерції поперечного перерізу пілерса, який визначається за формулою, см:

$$i = \sqrt{I/A}; \qquad (3.4.9.1\text{-}5)$$

I – найменший момент інерції поперечного перерізу, см^4.

3.4.9.2 Товщина стінок трубчастих пілерсівt повинна прийматися не менше, мм:

$$t = (d_0/50) + 3{,}5, \qquad (3.4.9.2\text{-}1)$$

де: d_0 – зовнішній діаметр пілерса, мм.

Товщина стінок пілерсів іншого профілю (коробчастих, зі швелерів, двутаврів, тощо) повинна прийматися не менше, мм:

$$t = h_п/50, \qquad (3.4.9.2\text{-}2)$$

де: $h_п$ – висота стінки профілю, мм.

Товщина стінки пілерса будь-якого профілю не повинна прийматися менше 3мм.

3.4.10 Розкоси

Розміри розкосів визначаються залежно від розрахункового навантаження p_P та приведеної довжини $l_{пр}$.

Розрахункове навантаження p_P визначається за формулою, кН:

$$p_р = \frac{p}{2 \cdot k \cdot \mathrm{Cos}\alpha}, \qquad (3.4.10\text{-}1)$$

де: p - розрахункове навантаження на пілерси, що визначається за формулою (3.4.9.1-2);

α - кут між поздовжніми осями пілерсу та розкосу;

k - коефіцієнт, що дорівнює:

$k = 1$ для конструкції, виконаної згідно з рис. 3.4.10 а) та б);

$k = 2$ для конструкції, виконаної згідно з рис. 3.4.10 в).

Приведена довжина розкосу $l_{пр}$ визначається за формулою м;

$$l_{пр} = k_1 \cdot l_р \qquad (3.4.10\text{-}2)$$

де: $l_р$ – повна довжина розкосу, м;

k_1 - коефіцієнт, що дорівнює:

$k_1 = 1$ для конструкцій, показаних на рис. 3.4.10 а) та б);

$k_1 = 0{,}6$ для конструкції, показаної на рис. 3.4.10 в).

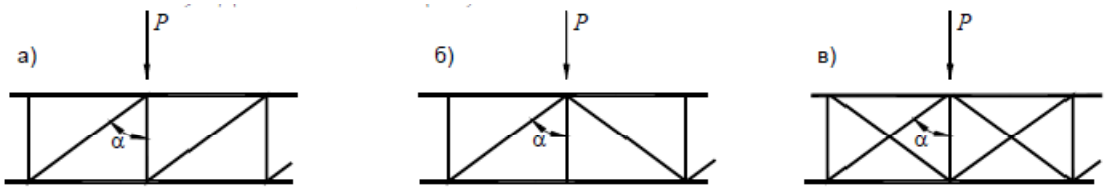


Рис. 3.4.10. Види розкісних ферм

3.5 БАЛАСТОВІ КІЛІ. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ

3.5.1 Розміри деталей баластового кіля, що підлягають розрахунку

3.5.1.1 Вихідні дані: розрахункові сили та моменти, що діють на баластові кілі та їх кріплення. Опис розрахункових випадків навантаженнянаведений в **2.6**.

Аналіз аварійних випадків показує, що втрата кіля часто пов'язана з недостатньою товщиною обшивки днища в районі кіля, з недостатнім розмірами з’єднувальних (кільових) болтів або з надмірним навантаженням на відповідні деталі корпусу від з’єднувальних болтів, у тому числі, коли болти були розташовані занадто далеко від підкріплюючих флор корпусу судна. Настійно рекомендується виконувати вимоги **3.5.5**, **8.8.1** ÷ **8.8.4** і табл. 3.5.5.5.2, зокрема, для болтів, розташованих занадто далеко від флор корпусу судна (див. табл. 3.5.5.5.2, рядок 3).

3.5.1.2 Розміри таких деталей підлягають розрахунку:

• Кріплення кіля до корпусу [кільові болти, клинове з'єднання, плавниковий (короткий) кіль, тощо)] - див. рисунки **2.6.2.1, 3.5.4.2.7, 3.5.5.4.2** і **8.8.3**.

• Зовнішня обшивка днища щодо кільових болтів і спосіб передачі навантаження за межі району кріплення кіля.

Для випадку тришарової конструкції днища в **3.5.5** викладені вимоги по переходу до одношарової обшивки в районі кіля і до надійного з'єднання з кільовими болтами. В іншому випадку слід забезпечити конструктивне з'єднання, при якому всі навантаження від кіля будуть стискаючими, болти – попередньо напруженими, а навантаження від кіля будуть передаватися на обшивку без зминання, використовуючи відповідний матеріал заповнювача, наприклад, вставки. Ризик попадання води до заповнювача через отвори для болтів повинен бути виключений.

• Опорні пластини, кутники та шайби, коли застосовується.

• Флори, поздовжні балки днища і пов'язані з ними підтримуючі конструкції.

• Плавник та крило кіля, шверт, шверці.

3.5.1.3 Скрізь, де можливо, оцінка повинна проводитись за допомогою розрахункових методів відповідно до вимог **3.5.3**. Альтернативні варіанти оцінки наведені у **3.5.7**.

3.5.2 Допустимі напруження в деталях баластових кілів

.1 Допустиме напруження розраховується для кожної відповідної деталі конструкції та випадку навантаження.

Допустиме напруження st_d в Н/мм^2 відповідає граничному напруженню, помноженому на різні коефіцієнти:

$$st_d = st_{Lim} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DC}, \qquad (3.5.2)$$

де: st_{Lim} – границя міцності.

Позначення *st* відповідає або σ для нормальних напружень, або τ для дотичних напружень, а індекс Lim виглядає наступним чином:

- для металів у беззварному стані або які не зазнали термічного впливу HAZ (heat-affectedzone): min(st_y; 0,5 · st_u), де індекс y означає границю плинності, а індекс u означає границю міцності, тобто,σ_y, σ_u для нормальних напружень, або τ_y, τ_u для дотичних напружень і σ_{yb}, σ_{ub} для напруженьзминання;

- для металів, що зазнали термічного впливу HAZ або зварних швів: min(st_{yw}; 0,5 · st_{uw}), де індекс y означає границю плинності, а індекс u означає границю міцності, тобто, σ_{yw}, σ_{uw} для нормальних напружень, або τ_{yw}, τ_{uw} для дотичних напружень і σ_{byw}, σ_{buw} для напружень зминання;

- для деревини, АВ-пластику границя міцності при: розтягуванні σ_{ut}, при стисканні σ_{uc}, при згині σ_{uf}, при зминанні σ_{ub} або при зсуві τ_u;

k_{MAT} - коефіцієнт матеріалу, що наводиться в табл. 3.5.2.1-1;

k_{LC} - коефіцієнт випадку навантаження, що наводиться в табл. 3.5.2.1-2;

k_{DC} - коефіцієнт категорії судна, що наводиться в табл. 3.5.2.1-1, враховує збільшення допустимого напруження для суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання у зв'язку з меншими динамічними навантаженнями, в порівнянні з необмеженим **М**, обмеженими морськими **MR1, MR2** і прибережного **1-го** районів плавання.

Таблиця 3.5.2.1-1 **Допустимі напруження та коефіцієнти, що регулюють напруження**

Позначення	Матеріал/призначення	Значення
st_{Lim}	Метал у незварному стані або без термічного впливу HAZ *	мінімум із st_y або 0,5 · st_u**, ***
	Метал після термічного впливу HAZ та зварні шви *	мінімум із st_{yw} або 0,5 · st_{uw} **, ***
	Деревина, АВ-пластик (вид напруження див. за індексом)	σ_{ut}, σ_{uc}, σ_{uf}, σ_{ub}, τ_u відповідно
k_{MAT}	**Коефіцієнт матеріалу**	
	Метал з подовженням до розриву $\varepsilon_R \geq 7\%$	0,75
	Метал з подовженням до розриву $\varepsilon_R < 7\%$	мін. із (0,0625·ε_R+0,3125) або 0,75****
	Деревина, АВ-пластик	0,33
k_{LC}	**Коефіцієнт випадку навантаження (див. табл. 3.5.2.1-2)**	
k_{DC}	**Коефіцієнт категорії судна**	
	Необмеженого **М**, морських обмежених **MR1** і **MR2** та прибережного **1** районів плавання	1,0
	Прибережних **2 ÷ 5** районів плавання	1,25

* Як правило, зоною термічного впливу HAZ вважається полоса шириною 50мм в обидві сторони від зварного шва (див. також примітку до **I.3.4.3**).

** Для металів τ = 0,58σ.

*** Напруження зминання залежить від типу матеріалу. Відношення σ_{ub}/σ_{uc} = 2,8 для CSM-мату та = 0,91 для WR-тканини.

σ_{ub}/σ_{uc} зазвичай становить 2,4 ÷ 3 для металевих болтів (але з обмеженнями щодо: віддалення від РЖ, мінімальної довжини болта, мінімального діаметра болта *d*). Рекомендується застосовувати значення, одержані в результаті випробувань.

****Коефіцієнт приймається 0,75 при $\varepsilon_R \geq 7\%$, і 0,375 при $\varepsilon_R = 1\%$. Проміжні значення знаходяться лінійною інтерполяцією. Значення ε_R приймається за стандартами на матеріали, визнаними Регістром.

Примітка. Позначення районів плавання, вказаних в табл. 3.5.2.1-1, згідно **2.2.5.7** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

Таблиця 3.5.2.1-2 **Значення коефіцієнта k_{LC} залежно від випадку навантаження**

Випадок навантаження	Кілі та їх кріплення, опис випадків навантаження	Примітка	Значення
1	Кільові болти*	**2.6.2.1**	0,67
	Інші елементи кріплення кіля з металу	-	0,80
	Інші елементи кріплення кіля з АВ-пластику**	-	0,9
2	Кіль, що коливається, з металу	**2.6.2.2**	0,80
	Кіль, що коливається, з АВ-пластику	-	0,90
3	Вертикальний тиск на кіль	**2.6.2.3**	1,0
4	Поздовжній удар по кілю	**2.6.2.4**	1,0
5	Відновлення після перекидання вітрильного судна (міцність шверта)	**2.6.2.5**	1,34
6	Тиск унаслідок вітру на шверт або шверці при лавіруванні судна	**2.6.2.6**	1,0

* У разі навантаження **1** болти розглядаються окремо від інших матеріалів конструкції. Допустименапруження для болтів прийнято нижче, ніж для інших конструктивних деталей кіля для того, щоб врахувати концентрацію напружень у болтах.

** Вимоги цієї частини Правил ґрунтуються на критеріях міцності. У деяких випадках, наприклад, коли плавник кіля виготовлений з матеріалу, що має низький модуль пружності, необхідність обмеження деформацій та/або збільшення власної частоти коливань може вимагати суттєвого збільшення розмірів понад ці вимоги. Такі випадки виходять за межі цієї частини Правил.

.2 Значення st_{Lim} – тобто, σ_y, σ_u, τ_u для незварних металів; σ_{yw}, σ_{uw}, τ_{yw}, τ_{uw} для металів або зварних швів після термічної обробки HAZ або σ_{ut}, σ_{uc}, σ_{uf}, σ_{ub}, а також τ_u для деревини, АВ-пластику – приймаються:

• відповідно до **11.4** цієї частини Правил, **Додатків В** та **С** цієї частини Правил, тобто, значення за результатами випробувань або за замовчуванням із **11.4** для АВ-пластику, з **Додатку В** для заповнювача тришарових панелей і з **Додатку С** для ламінованої деревини і фанери;

• відповідно до **2.2** та **2.3** частини XII «Матеріали» цих Правил для перелічених у ньому металів;

• зі стандартів, визнаних Регістром, або за результатами випробувань, проведених згідно до відповідного стандарту, визнаного Регістром, для інших металів.

3.5.3 Методи розрахунків

3.5.3.1 Загальні відомості

Цією частиною Правил дозволяється застосовувати програмне забезпечення для розрахунків деталей кілів (обшивки кіля, балок та флор підкріплень). Визначення випадків навантаження, розрахункових моментів та сил, що діють на кіль, наведені у **2.6**. Розрахунок напружень виконується проектантом, з урахуванням критеріїв, наведених у **3.5.3.2**.

Однак, на допомогу при проектуванні звичайних конструкцій кілів, у **3.5.4 ÷ 3.5.6, 8.8** та в **Додатку І** цієї частини Правил міститься ряд спрощених методів оцінки міцності для типових конструкцій кілів.

3.5.3.2 Загальні рекомендації щодо застосування 3D-розрахунків

Ця частина Правил передбачає використання програмного забезпечення для розрахунку розмірів елементів кіля. Результати, отримані розрахунком, порівнюють з необхідними значеннями згідно з **3.5.3.3**. Випадки, коли в результаті розрахунків отримані розміри елементів значно нижчі за необхідні, підлягають розгляду Регістром у порядку, передбаченому в **3.5.3.3**.

.1 Види 3D-розрахунків

Термін «3D-розрахунки» призначений для позначення будь-якого структурного методу оцінки, який не обмежується простою геометрією. Найчастіше цей термін відповідає аналізу методом кінцевих елементів.

.2 Властивості матеріалів

Незалежно від методу обчислень механічні властивості будь-якого матеріалу повинні бути прийняті відповідно до **3.5.2**.

.3 Граничні умови

Межі граничних умов не вказані у цьому підрозділі. Метод розрахунку повинен гарантувати, що критична область для аналізу знаходиться на достатній відстані від меж моделі.

.4 Прикладання навантаження

Всюди, де можливо, навантаження слід застосовувати як розподілені. Якщо сили або моменти прикладаються як концентровані вузлові навантаження, вони повинні бути розташовані досить далеко від критичної області аналізу.

.5 Спрощення

Можуть розглядатись моделі типу елементарної балки, пластини або бруска. Якщо прийнятий варіант елементарної балки, розміри приєднаного пояска можуть бути визначені згідно з **3.4.6** або за відомими рівняннями з будівельної механіки корабля. Для конструкцій кіля, що мають значну жорсткість при скручуванні, вхідні параметри повинні розраховуватися загальноприйнятими методами, наприклад, за теорією Бредта-Бато.

При використанні моделі, представленої пластиною, відповідні елементи повинні задаватися в межах рамки, що обмежує, з ребер жорсткості для подальшого копіювання моделі і ефекту від місцевого навантаження на інші зони.

До застосування нелінійного аналізу слід переконатися, що втрата стійкості до руйнування деталей виключена. Як правило, це досягається дотриманням граничного відношення товщин до лінійних розмірів для балок і фланців, як описано в **3.4.7.2**.

Нелінійний аналіз повинен застосовуватися для точного розрахунку болтових з'єднань за допомогою алгоритмів контактної взаємодії.

3.5.3.3 Оцінка міцності кіля без використання 3D-розрахунків

Вимоги, наведені в **3.5.4 ÷ 3.5.5**, ґрунтуються на теорії балки/пластини, інших спрощених процедурах та позитивному досвіді експлуатації суден. Виконання вимог забезпечує достатній запас міцності одно- та двовимірних конструкцій кіля та підкріплень з ізотропних матеріалів.

3.5.4 Розрахунок міцності підкріплень баластового кіля

3.5.4.1 Флори та балки підкріплень

.1 Загальні відомості

Якщо не зазначено інше, далі в цьому підрозділі поперечні елементи жорсткості, що використовуються для підкріплення кіля, називаються флорами, навіть якщо вони є перегородками, напівперегородками, високими флорами, тощо. Балкою називається будь-який поздовжній елемент жорсткості, щопростягаєтьсядо носу або до корми від зони примикання основи кіля до днища, який може бути звичайним ребром жорсткості, стінкою перегородки, балкою фундаменту або напівперегородкою.

.2 Визначення довжини флора L_F

Довжина флора L_F вимірюється в метрах у напрямку, перпендикулярному до ДП, і дорівнює відстані між точками, де вертикальні навантаження від кіля передаються на інші конструкції корпусу. Довжина флора може бути прийнята за одним із наступних варіантів:

• L_{F1}, відстань, як показано на рис. 3.5.4.1 а), між точками, де горизонтальна частина пояска флора перетинає поясок шпангоуту борта (або між точками переходу пояска флора в поясок шпангоуту з урахуванням радіусу закруглення). З'єднання зі шпангоутом вважається жорстким закріпленням для флора (що є заниженим припущенням, правильніше вважати це з'єднання напівжорстким закріпленням);

• L_{F2}, відстань, як показано на рис 3.5.4.1 а), між точками, де кут нахилу до горизонту пластини зовнішньої обшивки досягає значення від 20° до 30°. Такий підхід має запас міцності, якщо кріплення флора сприймається як жорстко закріплене;

• L_F, відстань, як показано на рис. 3.5.4.1 б), між міцними поздовжніми балками (наприклад, кільсони, балки фундаменту двигуна). Для ефективної передачі вертикального навантаження на поздовжні балки флор може мати продовження у вигляді книці [див. Рис. 3.5.4.1 б), праворуч];

• L_F, відстань між кінцями вільно опертого флора, як показано на рис. 3.5.4.1 в). Для ефективної передачі зусиль зсуву на зовнішню обшивку важливо, щоб кінці флора різко не обривалися на обшивці. Необхідно передбачити плавне зниження висоти флори до кінців, як показано на рис. 3.5.4.1 в). На рис. 3.5.4.1 г) показана конструкція, яка добре передає вертикальне навантаження з флорів на зовнішню обшивку.

Таким чином, цією частиною Правил передбачена деяка свобода тлумачення визначення довжини флора. Вимоги **3.2.2** можуть бути також використані для визначення довжини L_F.

У той же час вимоги **3.2.2.4** (перекриття «осередкового» типу) не застосовні для визначення довжини L_F і в цьому випадку рекомендується проводити розрахунок перекриття методами

будівельної механіки корабля.

.3 Варіанти закріплення кінців балки

Закріплення кінців набору можуть прийматися такими:

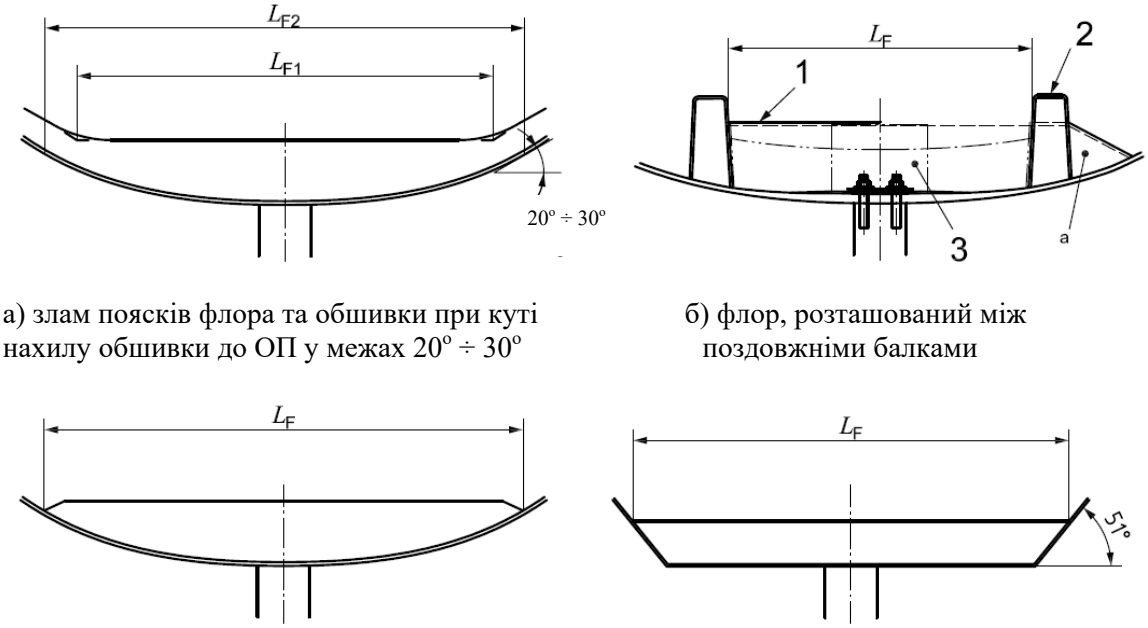
• вільно оперта балка (згинальний момент на кінцях дорівнює нулю),

• жорстко закріплена балка (кут прогину балки на кожному кінці = 0).

Ілюстрація до варіантів закріплення представлена на рис. 3.5.4.1. Якщо умови закріплення кінців не визначені, повинні розглядатися обидва варіанти і для подальших розрахунків повинен прийматися найгірший випадок.

Флор, зображений на рис. 3.5.4.1 а), та правий кінець флора на рис. 3.5.4.1 б) розглядаються як балка із жорстко закріпленими кінцями. Книця поз. (а) на рис. 3.5.4.1 б) передає дію моменту від жорстко закріпленого кінця флора за межі поздовжньої балки. Лівий кінець флора на рис. 3.5.4.1 б) є менш визначеним, оскільки повинно бути встановлено, що внутрішній шар поздовжньої балки є міцним та досить жорстким для того, щоб забезпечити нерухомість кінця флора. У випадку сумнівів, умову закріплення кінця флора слід приймати як для вільно опертої балки.

Флор, зображений на рис. 3.5.4.1 г), розглядається як балка з жорстким закріпленням по кінцях, якщо кут зламу прилеглої обшивки становить менше 130°, як показано на рисунку. Якщо кут зламу дорівнює або перевищує 130°, флор слід вважати вільно опертою балкою. Флор, зображений на рис. 3.5.4.1 в), розглядається як балка з вільно опертими кінцями.



а) злам поясків флора та обшивки при куті нахилу обшивки до ОП у межах 20° ÷ 30°

б) флор, розташований між поздовжніми балками

в) флор, вільно опертий по кінцям

г) флор з жорстким закріпленням на скулі

Позначення:

1 – флор; 2-балка; 3 – приформувальний кутник (див. табл. 3.5.5.5.2); а – книця.

Рисунок 3.5.4.1 – Визначення довжини флора

3.5.4.2 Розрахунок міцності флора

Нижче наведено метод розрахунку міцності флорів, що підкріплюють нерухомий кіль, який прилягає до корпусу по площині (з фланцем або без), або кіль, що переходить у корпус/плавниковий (короткий) кіль.

3.5.4.2.1 Обґрунтування методу

Кожен флор сприймає частку прикладеного поперечного моменту, $M_{1.2}$ (випадок навантаження **1** див. **2.6.2.1**), або частку вертикальної сили, F_{vi} (випадки навантаження **3** або **4** див. **2.6.2.3** і **2.6.2.4**). Методи розподілу зусиль по флорам від цих сил та моменту описані нижче. Навантаження прикладається до кожного флори у вигляді пари вертикальних сил, розподілених у поперечному до ДП напрямку на ширину b_i.

Результуючі поперечна сила (F) і згинальний момент (M) для флора залежать від типу навантаження, розподілу сил (по ширині основи кіля) та умов закріплення кінців флора. На рис.

3.5.4.2.1 показано і в табл. 3.5.4.2.1 наведені спрощені згинальний момент та поперечна сила в залежності від випадку навантаження та типу закріплення кінців. Додаткові пояснення наведені у примітках 1 ÷ 3 до табл. 3.5.4.2.1.

Ширина розподілу прикладеної сили для кожного флора b_i повинна бути прийнята більшою зі значень:

• $0{,}12 \cdot L_{Fi}$, де L_{Fi} – довжина і-флора;

• максимальна ширина плавника кіля біля основи;

• максимальна поперечна відстань між болтами на фланці кіля.

Згинальний момент і перерізуючасила та відповідні їм напруження (або деформація) повинні бути розраховані з використанням формул рис. 3.5.4.2.1, табл. 3.5.4.2.1 та методів, зазначених у **3.2 ÷ 3.4.**

Розрахункові напруження у флорах із застосуванням вищевказаних значень моментів і сил не повинні перевищувати допустимі (див. формулу (3.5.2)).

Таблиця 3.5.4.2.1 **Формули для поперечної сили *F* і згинального моменту *M* для випадків навантаження 1 і (3 або 4) див. 2.6.2, для вільно опертих або жорстко закріплених кінців флора (кілі, що приєднуються по площині)**

Випадок навантаження	Закріплення кінців	Посилання на рис.	Значення в точках A і D	Значення в точках B і C
Сили, що діють на флор				
1[1),2)]	вільне	3.5.4.2.1 а)	$f_{A/D} = \frac{M_i}{L_{Fi}}$	$f_{B/C} = \frac{M_i}{L_{Fi}}\left(1 - \frac{1}{\beta_i}\right)$
	жорстке	3.5.4.2.1 б)	$f_{A/D} = 1{,}5\frac{M_i}{L_{Fi}}\left(1{,}5 - \frac{\beta_i^2}{3}\right)$	$f_{B/C} = \frac{M_i}{L_{Fi}}\left(1{,}5 - \frac{\beta_i^2}{2} - \frac{1}{\beta_i}\right)$
3 або 4[3)]	вільне	3.5.4.2.1 в)	$f_{A/D} = \frac{F_{Vi}}{2}$	$f_{B/C} = \frac{F_{Vi}}{2}$
	жорстке	3.5.4.2.1 г)	$f_{A/D} = \frac{F_{Vi}}{2}$	$f_{B/C} = \frac{F_{Vi}}{2}$
Моменти, що діють на флор				
1[1),2)]	вільне	3.5.4.2.1 а)	$m_{A/D} = 0$	$m_{B/C} = \frac{M_i}{4}\left(1 - \beta_i^2\right)$
	жорстке	3.5.4.2.1 б)	$m_{A/D} = \frac{M_i}{4}\left(1 - \beta_i^2\right)$	$m_{B/C} = \frac{M_i}{2}\left(1 - 1{,}5\beta_i + 0{,}5\beta_i^3\right)$
3 або 4[3)]	вільне	3.5.4.2.1 в)	$m_{A/D} = 0$	$m_{B/C} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{4}\left(1 - \beta_i\right)$
	жорстке	3.5.4.2.1 г)	$m_{A/D} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{4}\left(\frac{1 - \beta_i^2}{2}\right)$	$m_{B/C} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{4}\left(\frac{1 - \beta_i^2}{2}\right)$

Примітки:

1. У цих формулах поперечна сила і згинальний момент, що діють на флор, позначаються відповідно *f* і *m*, тоді як сила та момент, створювані кілем при відповідних випадках навантаження, позначаються відповідно *F* і *M*.

2. Якщо умова закріплення кінців не може бути чітко ідентифікована (вільно оперті або жорстко закріплені кінці), можливі наступні варіанти:

- вибір умови закріплення, яке дає найгірший випадок для поперечної сили та згинального моменту, або
- застосування цифрових методів, описаних у **3.5.3.2**.

3. $f_{B/C}$ може мати більші від'ємні значення, ніж показані на епюрах а) та б) рис. 3.5.4.2.1.

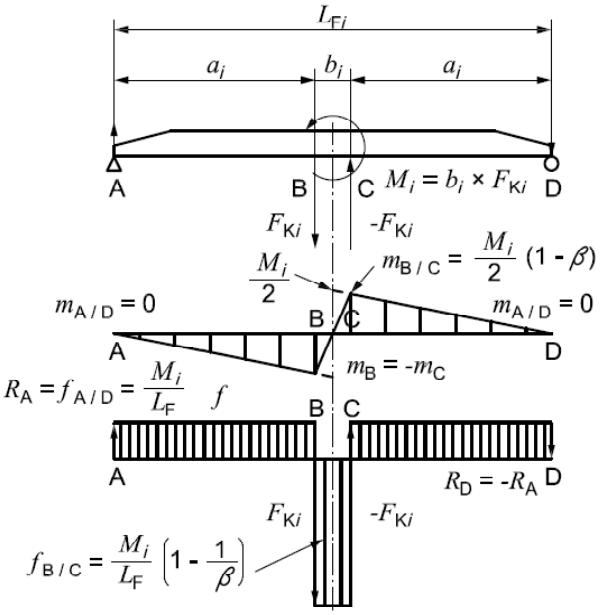
[1] Для кожного флора $\beta_i = b_i / L_{Fi}$ і не повинно прийматися менше 0,12,

де: b_i - відстань між силами F_{Ki} для варіанта навантаження **1** або F_{Vi} для випадків навантаження **3** або **4**, а L_{Fi} - довжина флора.

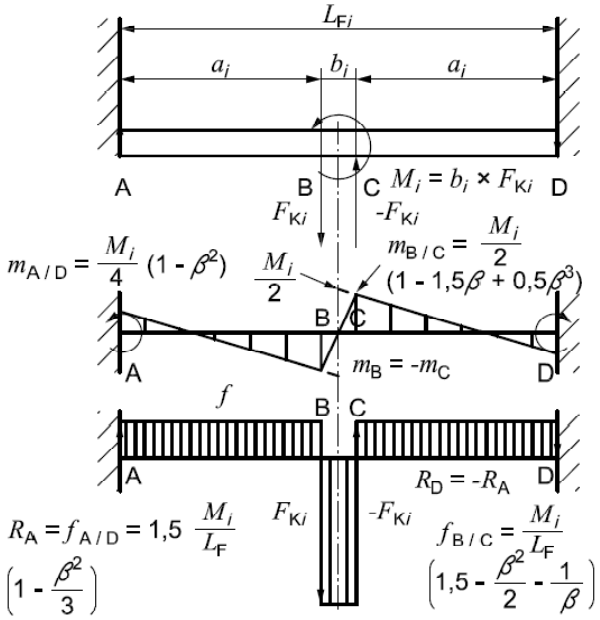
Таким чином, значення $f_{B/C}$ немає потреби приймати більше ніж $2 \cdot f_{A/D}$.

[2] M_i – згинальний момент від кіля, що діє на флор.

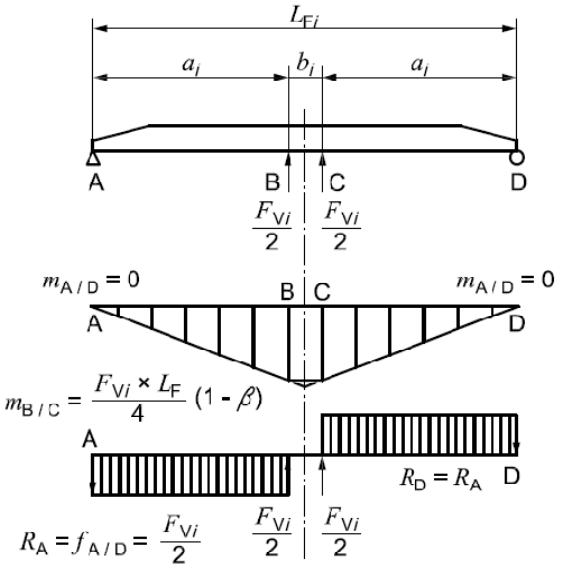
[3] F_{Vi} - загальне навантаження на флор у розглянутому випадку навантаження (**3** або **4**), тобто $F_{Vi} = 2 \cdot (F_{Vi} / 2)$.



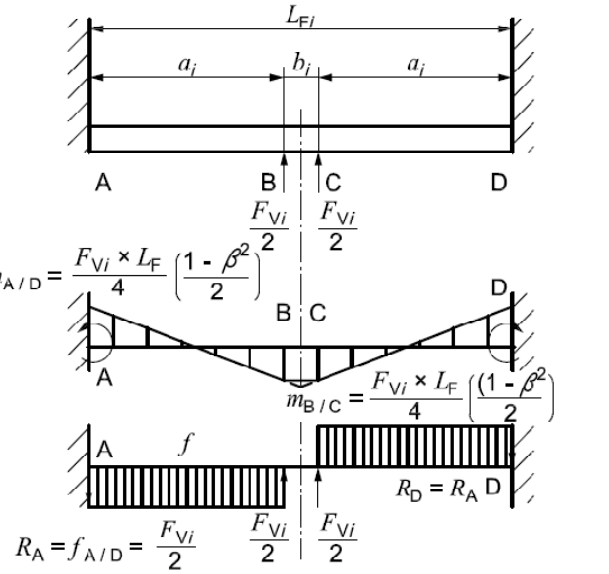
а) Випадок навантаження 1.
Вільно оперта балка



а) Випадок навантаження 1.
Балка з жорстким закріпленням по кінцям



в) Випадок навантаження 3 або 4
Вільно оперта балка



г) Випадок навантаження 3 або 4
Балка з жорстким закріпленням по кінцям

Рис. 3.5.4.2.1. Спрощені епюри поперечної сили і згинального моменту та ширина розподілу навантаження від основи кіля *b*

3.5.4.2.2 Визначення ефективності флора

.1 Нижче наводиться спрощений метод визначення ефективності флора, який не претендує на охоплення всіх типів конструкцій, що підтримують кіль.

.2 Ефективними вважаються флори, які сприймають навантаження від кіля і передають її на навколишні елементи корпусу судна і які описані нижче:

• Флори, які сприймають 100% навантаження від поперечних згинального моменту і сили (випадок навантаження **1** див. **2.6.2.1**), тобто ніяких навантажень не передається на балки, за винятком, коли застосовно, передачі навантаження від кінців флора на ці балки.

• За відсутності жорсткої поздовжньої балки або пари балок тільки флори, які безпосередньо пов'язані з баластовим кілем за допомогою кільових болтів або які знаходяться в межах довжини основи плавника кіля за відсутності болтів. Флорами до носу і до корми від цього району слід знехтувати.

Усі флори, які з'єднані із жорсткою балкою або парою балок (якщо вони встановлені). Щоб застосувати цю умову, загальна жорсткість балки повинна становити щонайменше 50% загальної жорсткості флора. Жорсткість флора і балки повинні розраховуватися згідно з **3.5.4.2.3**.

.3 Для перекриття, що має більш ніж одну або дві балки поблизу ДП, методи, наведені нижче, не застосовуються. У такому випадку слід використовувати 3-D розрахунок з використанням програмного забезпечення згідноз **3.5.3**.

.4 Для перекриття, що має несуттєві флори або занадто короткі флори, які не з'єднуються з балками поблизу ДП, ці методи не застосовуються. У такому випадку також повинен використовуватися 3-D розрахунок згідно з **3.5.3**.

3.5.4.2.3 Визначення жорсткості флора та поздовжньої балки

Коефіцієнт жорсткості $K_{\mathrm{F}i}$ для кожного флора з числа флорів n_{F} визначається як:

$$K_{\mathrm{F}i} = \left(\frac{k_{\mathrm{EF}} \times EI_{\mathrm{F}}}{L_{\mathrm{F}}^{\ 3}} \right), \text{ при } i \text{ від 1 до } n_{\mathrm{F}} \qquad (3.5.4.2.3\text{-}1)$$

де: k_{EF} - коефіцієнт закріплення кінців, приймається рівним 1,0 для вільно опертих кінців і 4,0 для жорстко закріплених кінців;

EI_{F} - жорсткість на вигин, в Н·мм^2, зазвичай одержувана в результаті розрахунку пакету ламінату з АВ-пластику або як добуток модуля пружності на момент інерції поперечного перерізу для інших матеріалів (див. **Додаток В** до частини XII «Матеріали» цих Правил);

L_{F} - ефективна довжина флора, що визначається згідно **3.5.4.1.2**, м.

Коефіцієнт жорсткості $K_{\mathrm{G}i}$ для балки в ДП (j = 1) або для пари балок поблизу ДП (j = 2) визначається наступним чином:

$$K_{\mathrm{G}i} = \left(\frac{k_{\mathrm{EF}} \times EI_{\mathrm{G}}}{L_{\mathrm{G}}^{\ 3}} \right), \text{ при } j \text{ від 1 до 2} \qquad (3.5.4.2.3\text{-}2)$$

Відношення жорсткості балка/флор визначається коефіцієнтом K_{GF} за формулою:

$$K_{\mathrm{GF}} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{\mathrm{G}}} (K_{\mathrm{G}})_j}{\sum_{i=1}^{n_{\mathrm{F}}} (K_{\mathrm{F}})_i} \qquad (3.5.4.2.3\text{-}3)$$

ЯкщоK_{GF}> 0,5, флори, які знаходяться в межах довжини балки, можна вважати ефективними.

3.5.4.2.4 Ефективність переборок або високих флорів

У всіх випадках навантаження частка сприйняття загального навантаження від кіля окремими флорами залежить від їхньої відносної жорсткості. Якщо один із флорів значно жорсткіший за інші, він «приймає на себе» більше навантаження.

Для перегородки облік цього ефекту в розрахунках може бути завищеним при такому прямому тлумаченні її жорсткості. В цілях запобігання розподілу нереально високого навантаження на дуже жорсткі флори і перегородки значення *EI* для них обмежується.

Для перегородок або напівперегородок максимальна ефективна висота приймається не більше:
• для плоскої металевої перегородки 70*t*,
• для перегородок з інших матеріалів, одношарової або тришарової 45t,
де: *t* - товщина одношарової і 80% загальної товщини тришарової обшивки перегородок.

3.5.4.2.5 Випадок навантаження 1

Частка M_i загального поперечного моменту $M_{1.2}$, що розподіляється за флорами, залежить головним чином від відносної жорсткості флора і ширини *b* рознесення сили, яка передається через кільові болти або кромки плавника кіля. Вона визначається за формулою:

$$M_i = M_{1.2} \times \frac{F_{\mathrm{F}i}}{\sum F_{\mathrm{F}i}} \qquad (3.5.4.2.5\text{-}1)$$

і виражається в Нм, як частка $M_{1.2}$, що припадає на кожен флор,

де: $F_{\mathrm{F}i}$ - фактор і-го флора, який визначається за формулою:

$$F_{\mathrm{F}i} = K_{\mathrm{F}i} \times K_{\beta}, \qquad (3.5.4.2.5\text{-}2)$$

де: $K_{\mathrm{F}i}$ - коефіцієнт жорсткості і-го флора, який повинен розраховуватися для кожного з флорів у кількості n_{F}, що визначається згідно з формулою (3.5.4.2.3-1);

K_{β}- коефіцієнт розподілу кільових болтів, який:

- для кілів з фланцем, у яких крок болтів збігається з положенням кожного флора, або для кілів без болтів (які приварюються), або у разі, коли є жорстка балка (балки) і флори поза межами основи кіля є ефективними: $K_{\beta} = 1$;

- для кілів без фланця, коли болти встановлені в межах площі основи плавника, поперечна шпація різна і флори, що знаходяться ближче до вхідної та вихідної кромок кіля, навантажені менше, ніж флори в середині основи кіля по довжині, K_{β} повинен прийматися рівним :

$K_{\beta} = 0{,}2 \cdot n_{\mathrm{F}} - 0{,}2$ - для флора на задній кромці основи кіля,

$K_{\beta} = 1$ - для флора на передній кромці основи кіля,

для решти флорів усередині довжини основи кіля залежно від кількості ефективних флорів n_{F}:

$K_{\beta} = 1{,}6$ при $n_{\mathrm{F}} = 3$,

$K_{\beta} = 1{,}2$ при $n_{\mathrm{F}} = 4$,

$K_{\beta} = 1{,}067$ при $n_{\mathrm{F}} = 5$, та

$K_{\beta} = 1{,}0$ при $n_{\mathrm{F}} > 5$.

Таким чином, для випадків, коли багато флорів ($n_{\mathrm{F}} > 5$) і вони мають однакову жорсткість, та/або в інших випадках, коли $K_{\beta} = 1$:

$$M_i = \frac{M_{1.2}}{n_{\mathrm{F}}} \qquad (3.5.4.2.5\text{-}3)$$

Після визначення M_i можна визначити значення f_i за допомогою формул з табл. 3.5.4.2.1.

3.5.4.2.6 Розрахунок флора при навантаженні 3

Розрахункова вертикальна сила F_3 при навантаженні **3** (вертикальний тиск на кіль) розподіляється між флорами за формулами, наведеними нижче.

Вертикальна сила на кожному неоднаковому флорі, Н:

$$F_{\mathrm{V}i} = F_3 \times \frac{K_{\mathrm{F}i}}{\sum K_{\mathrm{F}i}} \qquad (3.5.4.2.6\text{-}1)$$

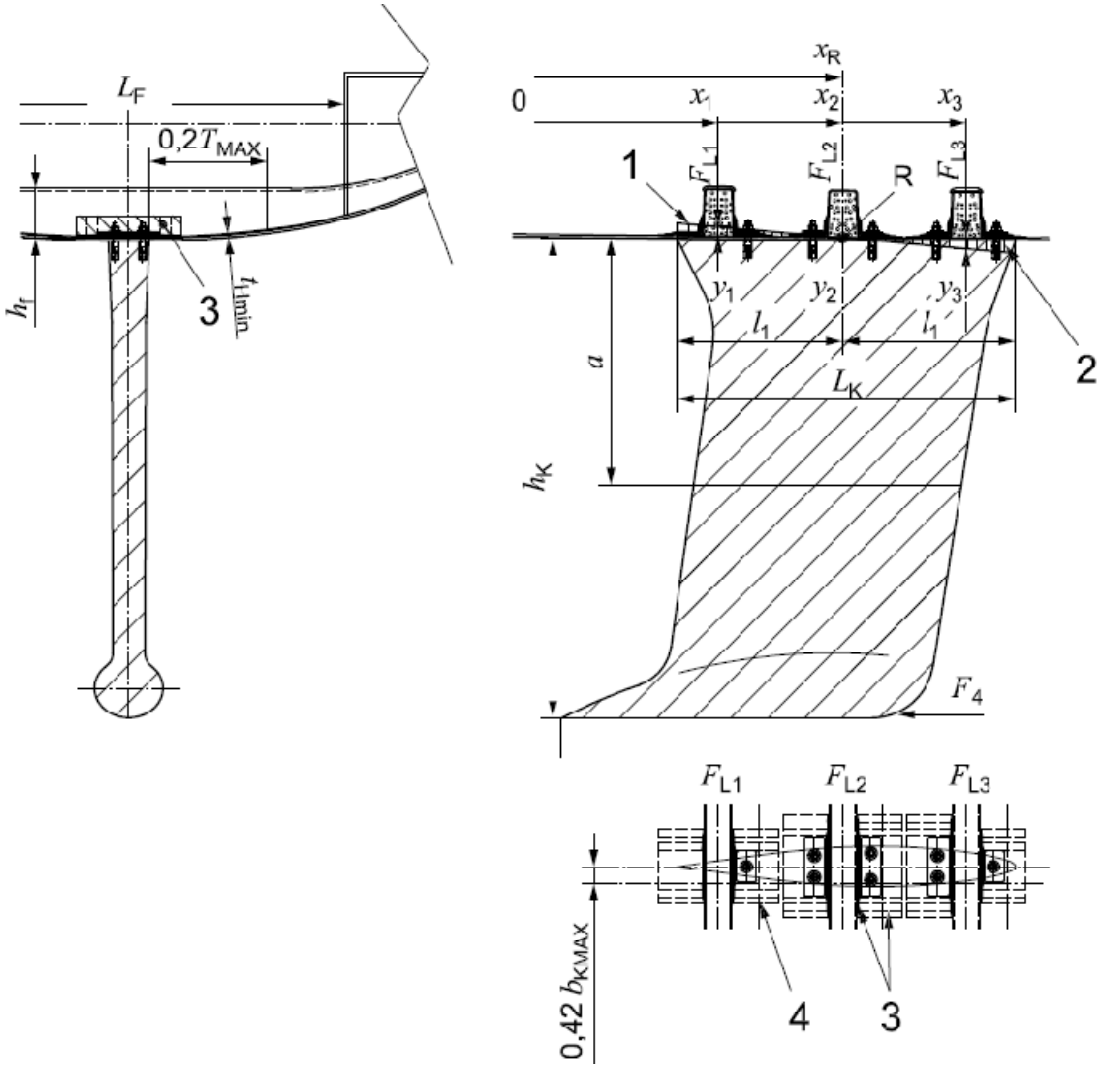
Вертикальна сила на кожному флорі, якщо флори мають приблизно однакову жорсткість, Н:

$$F_{\mathrm{V}i} = \frac{F_3}{n_{\mathrm{F}}} \qquad (3.5.4.2.6\text{-}2)$$

3.5.4.2.7 Опір флорів у разі навантаження 4 (поздовжній удар по кілю)

.1 Вертикальні сили.

Момент $M_{4.2}$ від розрахункової поздовжньої сили F_4 розподіляється між флорами і викликає вертикальне зусилля F_{VF4i} на і-флорі, який повинен протистояти моменту див. рис. 3.5.4.2.1 та табл. 3.5.4.2.1. При цьому кормова частина основи кіля тисне на корпусні конструкції (див. поз. **1** на рис. 3.5.4.2.7), а носова частина розтягує болти кріплення вниз (поз. **2**).



Позначення: 1 - частина основи кіля до корми від осі *R*.
2 - частина основи кіля до носу від осі *R*.
3 - приформувальний кутник або опорна пластина з ламінату (див. також рис. 3.5.5.5.3-1)
4 - край фланця П-подібного флора, що прилягає до зовнішньої обшивки.
Рис. 3.5.4.2.7. Типове кріплення кіля по площині і місце прикладання поздовжньої сили.

.2 Вісь обертання.

Кіль під дією моменту обертається навколо осі обертання *R*, розташованої в площині прилягання кіля до корпусу і на поздовжній відстані x_R від будь-якої довільної точки початку координат, наприклад, «0» на рис. 3.5.4.2.7. Плече x_R визначається як:

$$x_R = \frac{\sum\left[x_i \times (K_F)_i\right]}{\sum (K_F)_i} \qquad (3.5.4.2.7\text{-}1)$$

де: x_i – поздовжня відстань від точки початку координат до осі *i* – флора, м (див. рис. 3.5.4.2.7).

.3 Зусилля у флорах (за відсутності балок).

Вертикальне зусилля на кожному флорі визначається за формулою, Н:

$$F_{\mathrm{VF4i}} = M_{4.2} \frac{(K_{\mathrm{F}})_i \times (x_{\mathrm{R}} - x_i)}{\sum\left[(K_{\mathrm{F}})_i \times (x_{\mathrm{R}} - x_i)^2\right]} \qquad (3.5.4.2.7\text{-}2)$$

Вертикальне зусилля F_{VF4i} у кожному флорі повинно бути використане для розрахунку згинального моменту та поперечної сили з використанням формул, наведених у табл. 3.5.4.2.1.

Якщо всі флори однакові з точки зору форми поперечного перерізу, укладання шарів, довжини, шпації і загортання кінців, вісь обертання буде посередині між кінцями основи (фланця) кіля.

Вертикальне зусилля, на кожному однаковому флорі визначається за формулою, Н:

$$F_{\mathrm{VF4i}} = M_{4.2} \frac{l_i}{\sum l_i^2} \qquad (3.5.4.2.7\text{-}3)$$

де: l_{i} - відстань від осі обертання R.

Таблиця 3.5.4.2.7 **Випадок навантаження 4. Розподіл навантаження P_{G} по балці**

Жорсткість балки у порівнянні з жорсткістю флора	$K_{\mathrm{GF}} = \sum_{j=1}^{n_{\mathrm{G}}} (K_{\mathrm{G}})_j / \sum_{i=1}^{n_{\mathrm{F}}} (K_{\mathrm{F}})_i$	**Частка навантаження P_{G}**
Низька жорсткість балки	0,1	0,61
	0,25	0,77
	0,5	0,86
Жорсткість, рівна флору	1	0,93
Висока жорсткість балки	2	0,98
	3	0,99

Примітка. Наданий розподіл навантаження не є «реакцією перекриття» у вигляді розподілу навантаження між точками перетину в геометричній пропорції, а спрощення, згідно з яким жорстка балка відіграє важливу роль у розподілі навантаження від кіля при торканні ґрунту. Більш точний спосіб визначення зусиль полягає у застосуванні розрахунку перекриття з флор і балок методом переміщення або методом кінцевих елементів під дією горизонтальної сили F_4, прикладеної на відстані h_{F4} вниз від перекриття.

Метод оцінки кінцевих елементів застосовується для обмеженого числа конструкцій флорів/балок. У всіх випадках кінці балок та флорів розглядаються як жорстко закріплені. Формула (3.5.4.2.7-5) не застосовується до балок, які закінчуються на флорах (тобто до балок з пружно підтримуваними кінцями).

Розподіл P_{G} у таблиці сприймається як наближене, тобто, значення P_{G} може визначатися лише з точністю до ± 0,25. Методи, викладені тут, зокрема формула (3.5.4.2.7-5), не повинні застосовуватися для розрахунків при проектуванні перекриттів підкріплень кіля при факторі відповідності (розрахунковий згинальний момент або поперечна сила поділені на необхідні згинальний момент або поперечну силу) близькому до 1,0.

Ця таблиця показує, що балки є важливими деталями конструкції для передачі зусиль у разі навантаження **4**. В якості альтернативи застосуванню формул, наведених у **3.5.4.2.7.4**, але із забезпеченням більшого запасу міцності, можна використовувати припущення, що тільки балки сприймають всі зусилля у разі навантаження **4** і тільки флори сприймають всі зусилля у разі навантаження **1**.

.4 Зусилля у флорах (за наявності балок)

Відношення жорсткості балки/флора, K_{GF}, розраховується за формулою (3.5.4.2.3-3) з використанням нової змінної:

$$\chi = \log_{10}(K_{\mathrm{GF}}) = \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^{n_{\mathrm{G}}} (K_{\mathrm{G}})_j}{\sum_{i=1}^{n_{\mathrm{F}}} (K_{\mathrm{F}})_i} \qquad (3.5.4.2.7\text{-}4)$$

Середня частка навантаження P_G, яке сприймає балка, визначається за формулою:

$$P_G = 0{,}0148\chi^4 + 0{,}0055\chi^3 - 0{,}1443\chi^2 + 0{,}1863\chi + 0{,}9323 \qquad (3.5.4.2.7\text{-}5)$$

Підсумкове виправлене значення вертикального зусилля в *i* – флорі та у *j* – балці, яке враховує вплив флорів та балок один на одного, визначається за формулами, які наводяться нижче.

Виправлене значення вертикального зусилля на *i* – флорі, Н:

$$F_{CVF4i} = F_{VF4i} \cdot (1 - P_G) \qquad (3.5.4.2.7\text{-}6)$$

Виправлене значення вертикального зусилля на *j* - балці в точці перетину з *i* - флором, Н:

$$F_{CVG4j} = F_{VF4i} \cdot P_G \qquad (3.5.4.2.7\text{-}7)$$

Для подальших розрахунків балка навантажується силами у точках перетину з кожним флором, тобто. зусиллями у кількості n_F. Деякі з цих зусиль діють вгору, деякі вниз. За наявності двох балок, зусилля, яке обчислюється за формулою (3.5.4.2.7-7), ділиться порівну між балками. Як альтернативу жорсткість балки щодо флора можна оцінити за табл. 3.5.4.2.7.

3.5.4.3 Розрахунок міцності флорів інших типів кілів

Міцність конструкції клиноподібних, підіймальних та вбудованих кілів, описаних у **8.8.3**, зручно перевіряти 3D-розрахунками із застосуванням програмного забезпечення. Проте іноді у простих випадках можна застосовувати спрощені розрахунки. Нижче наводяться спрощення, призначені для розрахунку конструкції, яка може перевірятися простими формулами елементарної балки. Спрощення припускають більший запас міцності - див. коментарі до табл. 3.5.4.2.7 щодо проектування з низькими коефіцієнтами відповідності.

Основні прийняті припущення:

• Навантаження розподіляється тільки на пару безперервних (від борту до борту) флорів, розташованих на кормовій і носовій кромці основи плавника кіля або рецесу кіля, що коливається.

• Будь-яке сприйняття навантаження проміжними флорами, розташованими між носовим і кормовим флорами, ігнорується.

• Розподіл навантаження на конструкцію плавника кіля, рецес або інший поздовжній зв'язок корпусу ігнорується.

• Поперечний згинальний момент (випадки навантаження 1 або 2) діє у вигляді пари сил, рівних за величиною і протилежних за напрямом, близьким до горизонтального, і може розподілятися на пари зусиль, прикладених у центрі кожного флора. Під дією моменту виникають зусилля зминання в бічній обшивці плавця кіля і/або у вертикальних стінках рецесу вбудованого кіля, або в місцях кріплення кіля, що коливається. Значення моменту, прикладеного до флор, обчислюється за формулою (3.5.4.2.5-1).

• Вертикальна сила F_3 (випадок навантаження **3**) розподіляється на два окремі, спрямовані вгору вертикальні зусилля, що діють у ДП на носовий та кормовий флори (перегородки). Значення вертикальних сил, що діють на флори, обчислюються за формулами (3.5.4.2.6-1) або (3.5.4.2.6-2).

• Поздовжня горизонтальна сила F_4 (випадок навантаження **4**) передається на носовий та кормовий флори/перегородки як дві рівні величини і протилежно спрямованих вертикальних зусиль, що діють вгору на кормовому флорі і вниз на носовому флорі.

Примітка. Метод розподілу жорсткості згідно з формулою (3.5.4.2.5-1) може бути застосований тільки для зосереджених навантажень, які прикладені поблизу ДП. Для спрощення приймається, що обидва флори мають приблизно однакову жорсткість.

3.5.4.4 Розрахункові формули

Формули згинального моменту та поперечних сил, що діють на флор, наведені в табл. 3.5.4.2.1, крім розподілу поперечних вертикальних сил, що дорівнює нулю. Значення β дорівнює нулю, а поперечна сила приймається постійною вздовж довжини кожного флора. Див. табл.3.5.4.4.

Таблиця 3.5.4.4 **Формули для поперечної сили *F* і згинального моменту *M* для випадків навантаження 1, 2, 3 або 4 при вільно опертих або жорстко закріплених кінцях балки (вбудований, підіймальний кіль і кіль, що коливається)**

Випадок навантаження	Закріплення кінців	Посилання на рис.	Значення в точках A і D	Значення в точках B і C
Сили, що діють на флор				
1 або 2*	**Вільне**	**3.5.4.2.1а)**	$f_{A/D} = \frac{M_i}{L_{Fi}}$	$f_{B/C} = \frac{M_i}{L_{Fi}}$
	Жорстке	**3.5.4.2.1б)**	$f_{A/D} = 1,5\frac{M_i}{L_{Fi}}$	$f_{B/C} = 1,5\frac{M_i}{L_{Fi}}$
3 або 4**	**Вільне**	**3.5.4.2.1в)**	$f_{A/D} = \frac{F_{Vi}}{2}$	$f_{B/C} = \frac{F_{Vi}}{2}$
	Жорстке	**3.5.4.2.1г)**	$f_{A/D} = \frac{F_{Vi}}{2}$	$f_{B/C} = \frac{F_{Vi}}{2}$
Моменти, що діють на флор				
1 або 2*	**Вільне**	**3.5.4.2.1а)**	$m_{A/D} = 0$	$m_{B/C} = \frac{M_i}{2}$
	Жорстке	**3.5.4.2.1б)**	$m_{A/D} = \frac{M_i}{4}$	$m_{B/C} = 1,5\frac{M_i}{2}$
3 або 4**	**Вільне**	**3.5.4.2.1в)**	$m_{A/D} = 0$	$m_{B/C} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{4}$
	Жорстке	**3.5.4.2.1г)**	$m_{A/D} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{8}$	$m_{B/C} = \frac{F_{Vi} \times L_{Fi}}{8}$

Примітки:

1. У цих формулах поперечна сила і згинальний момент, що діють на флор, позначені відповідно *f* і *m*, тоді як сила і момент, створювані кілем при випадках навантаження, позначаються відповідно *F* і *M*.

2. Якщо умова закріплення кінців не може бути ідентифікована (вільно оперті або жорстко закріплені кінці), застосовуються такі варіанти:

- вибір умови закладення, яке дає найгірший випадок для поперечної сили та згинального моменту, або
- застосування 3-D розрахунків як зазначено в **3.5.3**.

* M_i - згинальний момент від кіля, що діє на флор.

** F_{Vi} - загальне навантаження на флор у випадку навантаження (3 або 4), що розглядається.

3.5.4.5 Підсумовування вимог до міцності флорів

Для кожного флора проводиться:

• Оцінка місцевих сил *F* і згинального моменту *M* для кожного випадку навантаження від **1** до **4** відповідно до **3.5.4.1**÷ **3.5.4.4** з метою вибору найгіршого випадку.

• Перевірка розмірів флора таким чином, щоб допустимі напруження в конструкції при розтягуванні, стисненні або зсуві, що визначаються за формулою (3.5.2) і таблицях 3.5.2.1-1 і 3.5.2.1-2 не перевищувалися. Для цієї мети застосовуються вимоги **3.4** і, зокрема, повинні складатися площі поперечного перерізу РЖ і приєднаного пояска.

• Межі відношень розмірів флорів не повинні перевищувати наведених у табл. 3.4.7.2-1 з урахуванням при необхідності табл. 3.4.7.2-2. Для флорів із фанери, АВ-пластикузначення, отримані за табл. 3.4.7.2-1 можна помножити на 1,2.

Примітка. Допустимі напруження, наведені в **3.5.2** щодо баластових кілів, відрізняються від тих, які використовуються для елементів корпусу судна в **3.3** ÷ **3.4**, що є підставою для того, що значення з табл. 3.4.7.2-1 можна помножити на 1,2.

• Розрахунок механічних властивостей флорів та балок відповідно до **3.4** та **Додатків В** ÷ **Е** цієї частини Правил.

Враховуючи, що втрата кіля може призвести до загибелі людей, використання спрощених методів, вказаних у **3.5.4**, не повинно використовуватися для проектування конструкцій, розрахункові напруження в яких близькі або рівні допустимим напруженням, які визначаються за формулою (3.5.2).

3.5.4.6 Застосування програмного забезпечення та електронних таблиць

Незважаючи на те, що всі розрахунки, що вказані в цьому підрозділі, можна виконати вручну на інженерному калькуляторі, допускається використання електронних таблиць або програмного забезпечення. Хоча використання таких інструментів розрахунків заохочується, вони повинні бути ретельно перевірені, схвалені Регістром і не повинні використовуватись незалежно від вимог **3.5.4**.

Оскільки метою цього підрозділу є забезпечення безпечної конструкції кріплення найважливіших елементів кіля парусного судна, слід не обмежуватися дотриманням мінімальних вимог **3.5.4**, але і використовувати позитивний попередній досвід побудови та експлуатації суден.

3.5.5 Кріплення нерухомого баластового кіля болтами. Розрахунок зусиль у плавнику кіля (нерухомого або який коливається) і визначення розмірів елементів кріплення кіля

3.5.5.1 Загальні відомості

Нижче викладено процедури розрахунку розмірів кільових болтів і елементів конструкцій, що забезпечують міцність плавника при згині та передачу зусиль на болти, та надано обґрунтовані рекомендації на основі досвіду побудови та експлуатації суден.

3.5.5.2 Допустимі напруження в матеріалі баластового кіля

Механічні властивості металу кріплення повинні прийматися відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 12215-9 або стандартів, схвалених Регістром. Механічні властивості матеріалу баластових кілів повинні відповідати вимогам **3.2** ÷ **3.4**, але з використанням допустимих напружень, визначених у **3.5.2**.

Примітка. ДСТУ EN ISO 12215-9. Малі судна. Конструкція і набір корпусу. Частина 9. Баластові кілі вітрильного судна. .

3.5.5.3 Зусилля в баластових кілях у випадках навантаження 1 або 2

3.5.5.3.1 Загальний випадок

За умови дії навантаження (сил і моментів), визначеного в **2.6.2**, напруження в баластовому кілі не повинне перевищувати розрахункові напруження в будь-якій точці.

Якщо весь кіль зроблений з одного і того ж матеріалу, розрахунок згинальних напружень проводиться за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma = \frac{M_{I.1}}{W_K} \times \sigma_d, \qquad (3.5.5.3.1)$$

де: $M_{I.1}$ - згинальний момент при крені, що відповідає $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$ як визначено в **2.6.2.1** або **2.6.2.2**, Нм;

W_K - поперечний момент опору баластового кіля відносно його нейтральної осі, см^3;

σ_d - допустиме напруження будь-якого конструкційного матеріалу кіля, що визначається в **3.5.2**, Н/мм^2.

Якщо значення крутного моменту досить велике, напруження зсуву при крученні повинне бути перевірене за допомогою модуля пружності на кручення згідно **3.5.6**. Для цього може знадобитися перевірка зусилля в баластовому кілі по ряду позицій, у тому числі для короткого кіля і кіля, що переходить у корпус. Проте, коли очевидно, оцінка повинна проводитися лише на підставі баластового кіля (відстань *a* на рис. 2.6.2.1).

Якщо кіль виконаний з різних матеріалів, формула (3.5.5.3.1) не застосовується, але необхідний перевірочний розрахунок згинального моменту матеріалу кіля, який повинен перевищувати $M_{I.1.}$

Втрата стійкості конструкції кіля можлива, але її перевірка виходить за рамки вимог Правил (див. **2.6.2.7**).

3.5.5.3.2 Баластовий кіль з фланцем і болтовим кріпленням

Розміри фланця повинні бути такими, щоб розрахункові зусилля в матеріалі фланця не перевищували тиску зминання *p* або напруження розтягування болта, як показано на рис. 3.5.5.4.2, б2).

Відношення довжини виступаючого фланця *x*, мм, до його товщини t_{FL}, мм, як показано на рис. 3.5.5.4.2,б2) повинні бути такими, щоб задовольнялися значення, отримані за формулами, наведеними нижче.

Як еквівалент, допустиме напруження розтягування болта від згинального моменту, що виникає у виступаючій полиці фланця між двома послідовними болтами, визначається в Н/мм^2:

$$\sigma_{\mathrm{dFL}} = \frac{M}{W} = \frac{F_{\mathrm{bolt}} \times x}{\dfrac{b_{\mathrm{S}} \times t^2_{\mathrm{FL}(x \to x_{\mathrm{MAX}})}}{6}} = \frac{6F_{\mathrm{bolt}} \times x}{b_{\mathrm{S}} \times t^2_{\mathrm{FL}(x \to x_{\mathrm{MAX}})}} \quad \text{або}$$

$$t_{\mathrm{FL}(x \to x_{\mathrm{MAX}})} = \left(\frac{6F_{\mathrm{bolt}} \times x}{b_{\mathrm{S}} \times \sigma_{\mathrm{dFL}}} \right)^{0,5} \qquad (3.5.5.3.2\text{-}1)$$

$$F_{\mathrm{bolt}} = \frac{\pi}{4}\left(0,85\mathrm{d}_{\mathrm{req}}\right)^2 \times 1,2\sigma_{\mathrm{dbolt}} = 0,681 \times \mathrm{d}_{\mathrm{req}}{}^2 \times \sigma_{\mathrm{dbolt}} \qquad (3.5.5.3.2\text{-}2)$$

Внутрішній діаметр різьби (див. **3.5.5.4.1**) приймається рівним 0,85d_{req} і для коефіцієнта 1,2 = = 0,8/0,67 напруження σ_{dbolt} трансформується з напруження болта в напруження у кілі при випадку навантаження **1** із табл. 3.5.2.1-2.

Необхідна товщина фланця в проміжку між x і x_{MAX} визначається за наступною формулою, мм:

$$t_{\mathrm{FL}(x \to x_{\mathrm{MAX}})} = \left(\frac{6F_{\mathrm{bolt}} \times x}{b_{\mathrm{S}} \times \sigma_{\mathrm{dFL}}} \right)^{0,5} = \left(\frac{4,08d_{\mathrm{req}}{}^2 \times \sigma_{\mathrm{dbolt}} \times x}{b_{\mathrm{S}} \times \sigma_{\mathrm{dFL}}} \right)^{0,5} = 2,02d^2_{\mathrm{req}} \left(\frac{\sigma_{\mathrm{dbolt}}}{\sigma_{\mathrm{dFL}}} \times \frac{x}{b_{\mathrm{S}}} \right)^{0,5} \qquad (3.5.5.3.2\text{-}3)$$

де: F_{bolt} - зусилля в болті, одержуване у випадку навантаження **1**, Н;

x - відстань між точкою, що розглядається, і точкою прикладання зусилля болта. x не слід приймати більше x_{MAX} всередині закругленого з'єднання з кілем. x не повинен бути меншим за 0,5x_{MAX}, мм;

$t_{\mathrm{FL}(X \to X\mathrm{max})}$ - товщина фланця по осі болта в проміжку від x до x_{MAX} у точці з'єднання з кілем, мм;

d_{req} – номінальний (не внутрішній) діаметр болта, взятий із розрахунку **3.5.5.4** для випадку навантаження **1**, мм;

b_{S} – середня відстань між болтами, мм;

σ_{dFL} - допустиме напруження у фланці кіля, як визначено в **3.5.2**, Н/мм^2.

1,2σ_{dbolt} – допустиме напруження розтягування болта, якщо прийнятий k_{LC}=0,8 для зусилля болта, Н/мм^2.

Примітка. Обмеження $x \geq 0,5x_{\mathrm{MAX}}$ спричиняє виконання умови:
$t_{\mathrm{FLmin}} \geq t_{\mathrm{FLmax}}$ у районі болта або кромки фланця.

Див.також застереження **3.5.5.4.2**.

ПРИКЛАД: для судна необмеженого **М**, обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережного **1-го** районів плавання використовуються болти М12 А4-80 SS з допустимим напруженням σ_{dbolt} = 400Н/мм^2 і фланець кіля з чавуну EN-GJL-150 з пластинчастим графітом, із допустимим напруженням $\sigma_{\mathrm{dFL}} = \sigma_{\mathrm{LIM}} \times k_{\mathrm{MAT}} \times k_{\mathrm{LC}}$ = 75 · 0375 · 0,8 = 22,5Н/мм^2.

Для випадку навантаження **1** формула (3.5.5.3.2-2) дає таке значення:

$$t_{\mathrm{FL}(x \to x_{\mathrm{MAX}})} = 2,02d^2_{\mathrm{req}} \left(\frac{400}{22.5} \times \frac{x}{b_{\mathrm{S}}} \right)^{0,5} = 102,2 \left(\frac{x}{b_{\mathrm{S}}} \right)^{0,5}$$

Таким чином [див. рис. 3.5.5.4.2, б2)], при b_{S} = 200мм і d_{breq} = 12мм на стику пластини фланця з кілем x = 42мм і товщина фланця повинна становити $t_{\mathrm{FL}(X \to X\mathrm{max})}$ = 102,2 · (42/200) = 46,8мм.

3.5.5.3.3 Чавунний баластовий кіль

Баластовий кіль вітрильних суден часто роблять із чавуну з пластинчатим графітом і кріплять його гвинтами або болтами. Крихкість і твердість цього матеріалу ускладнює свердління і нарізку різьби в отворах. Хорошим рішенням може бути застосування у формі для виливки «безфланцевого» баластного кіля з чавуну сталевих різьбових вставок. На рис. 3.5.5.4.2, а2) показаний такий варіант.

3.5.5.3.4 Свинцевий баластовий кіль

Свинець або його сплави мають дуже низькі механічні властивості, тому тонкі та глибокі плавники, виготовлені з цього металу, зазвичай необхідно укладати в сталеву оболонку з фланцем, щоб забезпечити достатню міцність на вигин та надійне з'єднання кіля з корпусом. В іншому випадку потрібне регулярне затягування болтів через повзучість свинцю та інструкція з періодичної перевірки затяжки болтів кіля і повторної затяжки повинна бути включена в Керівництво для власника судна.

Оскільки є труднощі фіксації болтів у свинці, зазвичай, виконується механічне з'єднання свинцю зі шпильками при відливанні свинцевого баластового кіля. Частина шпильки, що зашпаровується в свинець, як правило, загнута у вигляді Г-подібного профілю або повинна мати поперечну пластину на кінці, щоб забезпечити належне закріплення шпильки в тілі кіля.

3.5.5.3.5 Суцільні та пустотілі перерізи крила (плавника)

Для полегшення виконання розрахунків в **3.5.6** наводяться площа *A*, момент опору *W*, і момент інерції *I* поперечного перерізу профілів деяких типових суцільних і порожнистих кілів.

3.5.5.3.6 Зварні кілі

Якщо плавник кіля має зварну конструкцію, зварні шви не повинні знаходитися в зонах високих напружень або повинен враховуватися фактор концентрації напружень у зварних швах.

Допустиме напруження в зварних швах повинне бути прийняте у відповідності з табл. 3.5.2.1-1 за рядком: «Метал після термічного впливу HAZ та зварні шви».

Розрахунок границі втомленості виконується згідно з **Додатком I** цієї частини Правил чи іншим еквівалентним методом, якщо відомі технічні обґрунтування не передбачають перевірки границі втомленостіматеріалу (див. **3.5.7**).

Якщо буде встановлено, що руйнування одного зварного шва плавника може призвести до потенційної втрати кіля, конструкція повинна бути змінена таким чином, щоб забезпечити більший запас міцності.

3.5.5.4 Розрахунок кріплення баластового кіля болтами

Методи оцінки кільових болтів засновані на припущенні про широкий і рівномірний розподіл болтів по основі або фланцю кіля і на плавній зміні діаметра від одного болта до іншого. Концентрація болтів і/або збільшення їх діаметра в центрі або на одній стороні основи плавника або фланця кіля вважається випадком, що виходить за рамки цих Правил. За наявності сумнівів з приводу широкого та рівномірного розподілу болтів, їх міцність повинна розраховуватися, на додаток до випадків навантаження, описаних у **2.6.2**, використовуючи 25%-ну силу, що застосовується у випадку навантаження **4**, прикладену до кінчика кіля або в нижній точці бульба, і спрямовану вперед таким чином, щоб завантажити задні болти на розтяг.

3.5.5.4.1 Зв'язок між номінальним і внутрішнім діаметрами болта

Вибір матеріалу болта грунтується на його механічних властивостях і навантаженнях, яким він піддається.

У табл. 3.5.5.4.1 наведено відповідність між внутрішнім та номінальним діаметрами в системі ISO M залежно від типу різьби. Якщо номінальний діаметр болта *d*, ммвказаний у таблиці, але не вказаний крок різьби *P*, передбачається нормальний крок різьби.

Якщо діаметр болта не включений в табл. 3.5.5.4.1, то:

• якщо крок *P* відомий, внутрішній діаметр $d_{neck} = d – 1{,}227P$;

• якщо крок *P* невідомий, внутрішній діаметр $d_{neck}=0{,}85d$ (або $d=1{,}18d_{neck}$).

Таблиця 3.5.5.4.1 **Розміри болтів в системі ISO M**

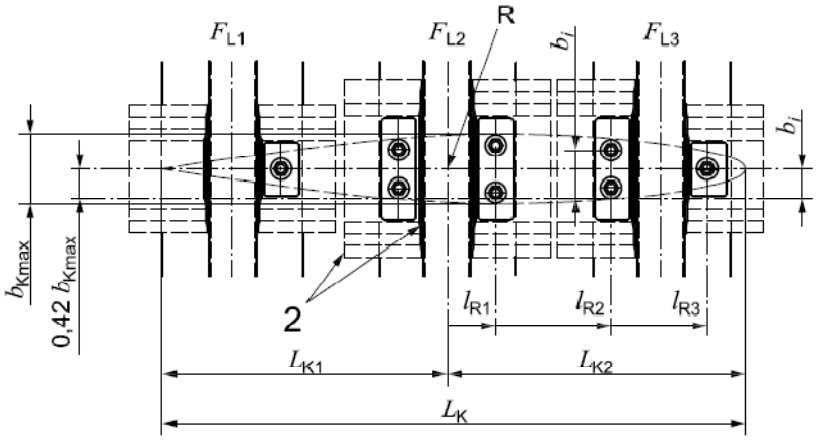
Номінальний діаметр, *d*, мм	**Нормальний крок**				**Дрібний крок**			
	Крок *P*	**d_{neck} ISO d_3**	**A_{neck}**	**d_{neck}/d**	**Крок *P***	**d_{neck} ISO d_3**	**A_{neck}**	**d_{neck}/d**
	мм	**мм**	**мм^2**	**-**	**мм**	**мм**	**мм^2**	**-**
10	**1,50**	**8,16**	**52,3**	**0,816**	**1,25**	**8,47**	**56,3**	**0,847**
12	**1,75**	**9,85**	**76,2**	**0,821**	**1,3**	**10,47**	**86,0**	**0,872**
14	2,00	11,55	104,7	0,825	1,5	12,16	116,1	0,869
16	**2,00**	**16,55**	**144,1**	**0,847**	**1,5**	**14,16**	**157,5**	**0,885**
18	2,50	14,93	175,1	0,830	1,5	16,16	205,1	0,898
20	**2,50**	**16,93**	**225,2**	**0,847**	**1,5**	**18,16**	**259,0**	**0,908**
22	2,50	18,93	281,5	0,861	1,5	20,16	319,2	0,916
24	**3,00**	**20,32**	**324,3**	**0,847**	**1,5**	**22,16**	**385,7**	**0,923**
27	3,00	23,32	427,1	0,864	1,5	25,16	497,2	0,932
30	**3,50**	**25,71**	**519,0**	**0,857**	**2,0**	**27,55**	**596,0**	**0,918**
33	3,50	28,71	647,2	0,870	3,0	29,32	675,2	0,888
36	**4,00**	**31,09**	**759,3**	**0,864**	**3,0**	**32,32**	**820,4**	**0,898**
39	4,00	34,09	912,9	0,874	3,0	35,32	979,8	0,906
42	**4,50**	**36,48**	**1045,2**	**0,869**	**4,0**	**37,09**	**1080,6**	**0,883**
45	4,50	39,48	1224,1	0,877	4,0	40,09	1262,5	0,891
48	**5,00**	**41,87**	**1376,6**	**0,872**	**4,0**	**43,09**	**1458,5**	**0,898**
52	5,00	45,87	1652,2	0,882	4,0	47,09	17,41,8	0,906
56	**5,50**	**49,25**	**1905,2**	**0,880**	**4,0**	**51,09**	**2050,3**	**0,912**
60	5,50	53,25	2227,3	0,888	4,0	55,09	2383,9	0,918
64	**6,00**	**56,64**	**2519,6**	**0,885**	**4,0**	**59,09**	**27,42,6**	**0,923**
Примітка. Значення в рядках, які виділені жирним шрифтом, рекомендовані до застосування								

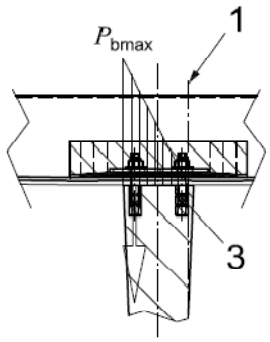
3.5.5.4.2 Ескізи типових розташувань болтів

Рис. 3.5.5.4.2 є розширенням рис. 3.5.4.2.7 для двох типових видів з'єднань: без фланця і з фланцем.

На рис. 3.5.5.4.2 показаний варіант встановлення баластового кіля безпосередньо на обшивку днища (по площині). Розміри опорної пластини, що посилює обшивку днища в районі болта, слід вибирати відповідно до рекомендацій **3.5.5.5**. Якщо обшивка має тришарову конструкцію, потрібний перехід на одношарову обшивку в районі опорної поверхні кріплення кіля. В цьому випадку необхідно, щоб опорна поверхня була одношаровим ламінатом. Якщо передбачається наявність вбудованого або короткого плавникового кіля, така опорна поверхня може залишатися в межах внутрішніх розмірів такого кіля.

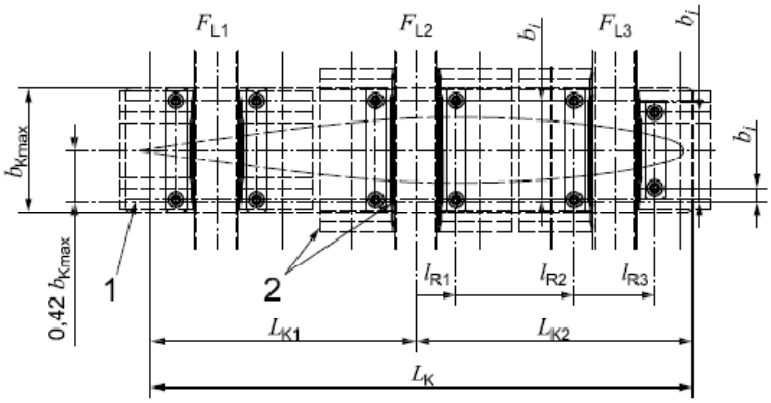
Фланець кіля має обмежену жорсткість і має бути перевірений, щоб болт кріплення міг ефективно передавати зусилля від плавника кіля на конструкцію корпусу судна. На рис. 3.5.5.4.2, б1), болти на крайніх кормовому та носовому флорах не повинні прийматися до уваги, якщо радіус або ухил між плавником і фланцем кіля не гарантують жорсткості їх з'єднання між собою.

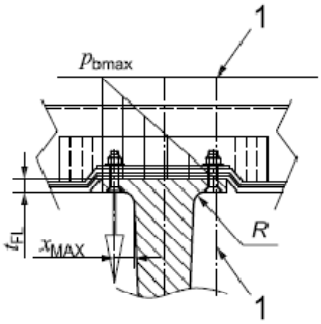




а 1) Кріплення кіля болтами в межах площі основи

а 2) Діаграма зусиль в опорній поверхні у перерізі F_{L2}





б 1) Кріплення кіля болтами через фланець

б 2) В перерізі F_{L2} показані x_{MAX} і t_{FL}

Позначення: **1** - вісь болтів кріплення, як основи кіля, так і фланця кіля, паралельна ДП і віддалена від неї на $0{,}42b_{Kmax}$ в обидві сторони (див. **3.5.5.4.3**);
2 – приформувальний кутник;
3 – сталева різьбова вставка у тілі чавунного баластового кіля.

Рис. 3.5.5.4.2. Типові кріплення кіля болтами

3.5.5.4.3 Відстань між осями болтів кріплення кіля

Як показано на рис. 3.5.5.4.2, вісь болтів кріплення баластового кіля знаходиться на відстані $0{,}42 \cdot b_{Kmax}$ від ДП, де b_{Kmax} максимальна ширина верхньої основи кіля або верхньої частини фланця b_{Fmax} визначається в мм.

3.5.5.4.4 Розрахунок кільових болтів, випадок навантаження 1

.1 Болти однакового діаметра та матеріалу, випадок навантаження 1.

Якщо всі кільові болти мають однаковий діаметр і зроблені з однакового матеріалу, необхідний внутрішній діаметр різьби визначається за формулою, мм:

$$\mathrm{d}_{\mathrm{neck}} = \sqrt{\frac{1273 \times b_{i\max} \times M_{1.1}}{\sigma_{\mathrm{dbolt}} \times \sum b_i^2}} \qquad (3.5.5.4.4.1)$$

де: $M_{1.1}$ - розрахунковий згинальний момент в Нм, наведений у **7.2**;

b_{i} – поперечна відстань, мм, між віссю кріплення болтів і віссю кожного болта (див. рис. 3.5.5.4.2);

$\sum b_{\mathrm{i}}^2$ - сума всіх b_{i} у кожному ряду. Тобто це не тільки b_{imax}, максимальна відстань між болтами поперек ДП. І це не сума відстаней з обох боків ДП, тобто. болти, що мають негативне значення b_{i}, не повинні підсумовуватися;

b_{imax} – найбільше значення b_{i} мм;

σ_{dbolt} – допустиме напруження для болта, що визначається в **3.5.2**, Н/мм^2.

Примітки:

1. Даний розрахунок передбачає, що обшивка днища та флори є жорсткими та деформуються разом із профілем кіля щодо осі його кріплення.

2. Підставою для формули (3.5.5.4.4.1) є перетворення вираження:

$$\mathrm{d}_{\mathrm{neck}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot M_{1.1}}{\frac{\pi}{4}\sigma_{\mathrm{d}} \sum b_i}} = \sqrt{\frac{1273 \cdot M_{1.1}}{\sigma_{\mathrm{d}} \sum b_i}}$$

де момент множиться на 1000 для того, щоб мати розмірність у знаменнику в ньютонах на міліметр; т.я. $M_{1.1}$ розраховується в Нм.

.2 Болти різного діаметра, випадок навантаження 1.

Якщо не усі кільові болти мають однаковий діаметр, але виготовлені з однакового матеріалу, для кожного болта має виконуватися умова:

$$\sigma_i = \frac{1273 \times b_i \times M_{I.1}}{\sum \left(b_i^2 \times \mathrm{d}_{i\mathrm{neck}}^2 \right)} \le \sigma_{\mathrm{dbolt}} \qquad (3.5.5.4.4.2)$$

де: b_{i} - відстань, перпендикулярна ДП, в мм, між віссю кріплення болтів і віссю кожного болта (див. рис. 3.5.5.4.2);

d_{ineck} – внутрішній діаметр кожного болта (i = 1,2 тощо), мм;

$\sum(b_{\mathrm{i}}^2 \cdot d_{\mathrm{ineck}}^2)$ – сума добутків квадратів b_{i} та d_{ineck} для кожного болта, мм^4.

.3 Зусилля у болтах, випадок навантаження 1.

У табл. 3.5.5.5.2 наведено зусилля у болтах. Вони виходять шляхом перетворення формули (3.5.5.4.4.2) для визначення F_{ibolt}, Н:

$$F_{i\mathrm{bolt}} = \sigma_i \times \frac{\pi}{4} \times \mathrm{d}_i^2 = \frac{1000 \times M_{1.1} \times b_i \times \mathrm{d}_i^2}{\sum \left(b_i^2 \times \mathrm{d}_{i\mathrm{neck}}^2 \right)}, \qquad (3.5.5.4.4.3\text{-}1)$$

або за спрощеною формулою, якщо усі болти мають однаковий діаметр:

$$F_{i\mathrm{bolt}} = \frac{1000 \times M_{1.1} \times b_i}{\sum b_i^2} \qquad (3.5.5.4.4.3\text{-}2)$$

3.5.5.4.5 Розрахунок кільових болтів, випадок навантаження 4

.1 Визначення діаметра болтів, випадок навантаження 4 (поздовжній удар по кілю).

Момент $M_{4.1.T}$, що діє на болти, які розташовані вперед від осі обертання R, що визначається в **3.5.4.2.7.2**, є частиною загального моменту $M_{4.1}$. Цей момент викликає зусилля, що розтягують передні болти, та стискають флори в кормі від осі R.

.2 Болти однакового діаметра та матеріалу, випадок навантаження 4.

Необхідний внутрішній діаметр однакових болтів з однакового матеріалу, мм:

$$\mathrm{d}_{\mathrm{neck}} = \sqrt{\frac{1273 \times l_{\mathrm{R}i\max} \times M_{4.1.\mathrm{T}}}{\sigma_{\mathrm{dbolt}} \times \sum l_{\mathrm{R}i}^{2}}} \qquad (3.5.5.4.5.2)$$

де: $M_{4.1T} = M_{4.1} \cdot L_{K2} / L_K$ - розрахунковий момент у Нм, що розтягує болти у разі навантаження **4**;

L_K, L_{K2}, - відповідно, довжина основи кіля і довжина частини основи до носу від осі R (див. рис. 3.5.5.4.2);

l_{Ri} - відстань в ніс від осі R до осі кожного болта (див. рис. 3.5.5.4.2);

$\sum l_{Ri}^2$ - сума всіх l_{Ri}, до осі кожного болта в ніс від осі R. Розглядаються як окремі, так і парні болти;

l_{Rimax} - найбільша з відстаней l_{Ri}, мм;

σ_{dbolt} - допустиме напруження для болтів у Н/мм^2, що визначається в **3.5.2.**

.3 Болти різних діаметрів, випадок навантаження 4.

Напруження для кожного болта визначається за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_i = [(1273 \cdot l_{Ri} \cdot M_{4.1T}) / (\sum l_{Ri}^2 \cdot d_{i\mathrm{neck}}^2)] \le \sigma_{dbolt}, \qquad (3.5.5.4.5.3)$$

де: $d_{i\mathrm{neck}}$ -внутрішній діаметр кожного болта (i = 1,2, тощо), мм;

$\sum l_{Ri}^2 \cdot d_{i\mathrm{neck}}^2$ – сума добутків квадратів l_{Ri} та d_{neck} для кожного болта, мм^4.

3.5.5.4.6 Призначення діаметра болта за результатами розрахунків

Номінальний діаметр болта для кожного місця кріплення у результаті вибирається відповідним найбільшому з необхідних внутрішніх діаметрів для випадків навантаження **1** і **4**.

При цьому номінальний діаметр болта повинен бути не меншим:

• 10мм для суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання, та

• 12мм для суден необмеженого **M**, обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережного **1** району плавання.

У табл. 3.5.5.4.1 наведено відношення між внутрішнім та номінальним діаметром залежно від кроку різьби.

Зазначені вище номінальні значення є дійсними, якщо болти можуть ефективно передавати зусилля, що досягається при виконанні відповідних вимог **3.5.5.5**.

Примітка. Позначення районів плавання згідно **2.2.5.7** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

3.5.5.4.7 Тиск зминання в основі баластного кіля

Коли судно накреняється, результуючі зусилля в болтах викликають тиск зминання, як у основі кіля, і у днищі судна [див. діаграму тиску зминання P_{bmax} на рис. 3.5.5.4.2, а2) або б2)].

Максимальний тиск зминання визначається за формулою, Н/мм^2:

$$p_{\mathrm{b}\max} = \frac{m_{\mathrm{K}} \times g \times s}{0,28 \times L_{\mathrm{K}} \times b_{\mathrm{K}\max}^2} \times 10^{-6} \qquad (3.5.5.4.7)$$

де: шпація s задається в метрах, а m_K в кг і де:

p_{bmax} - допустимий тиск зминання, який не повинен бути більшим, ніж допустиме напруження зминання σ_{db} матеріалу під тиском (основи кіля, обшивки днища, вибирається найменше значення, див. **3.5.2**);

L_K - довжина основи кіля або фланця (див. рис. 3.5.5.4.2), мм;

b_{Kmax} – максимальна ширина основи кіля або верхньої частини фланця, мм.

Так як поверхні основи баластового кіля і днища на практиці не прилягають ідеально, зазвичай між ними розміщується проміжний шар з ущільнювальних матеріалів або компаунду.

За теорією, середній тиск має бути таким, як він визначається за формулою (3.5.5.4.7).

Примітка. При використанні «м'якого» матеріалу для прокладки між кілем і корпусом розрахунковий тиск вищий, ніж середній тиск. На практиці, при невеликих зазорах, ущільнювальних матеріалів цілком достатньо, в іншому випадку необхідне підсилення пастою (сполучне з наповнювачем з рубаного волокна). У дерев'яних суден границя міцності на стиснення деревини часто нижче, ніж максимальний тиск зминання, і в цьому випадку деревина часто потребує підсилення волокнами на епоксидній смолі (армування АВ-пластиком).

Відповідно до **Додатку С** цієї частини Правил, границя міцності на стиснення деревини σ_{uc} становить 0,075ρ для м'яких (хвойних) та 0,071ρ для твердих (листяних) порід деревини, де ρ - щільність деревини в кг/м^3. Відповідно до **3.5.2** і за відсутності результатів спеціальних випробувань для дерева або фанери, d_b можна приймати рівним 1,8d. Тому розрахункове зусилля зминання конструкції з дерева можна розраховувати як:

$$0{,}33 \cdot 1{,}8\sigma_{uc} = 1{,}06\sigma_{uc}.$$

Дерево або фанера, просочені епоксидною смолою та/або з покриттям АВ-пластиком, очевидно, матимуть більш високе допустиме напруження зминання.

Для свинцевих кілів границя міцності при стисканні свинцю, навіть легованого сурмою, дуже низька, тому необхідно вживати заходів, щоб уникати перевищення тиском зминання допустимого напруження при стисненні для свинцю. Рекомендується застосовувати свинець тільки для заливки в сталевий каркас баластового кіля з верхнім фланцем (див. також **3.5.5.3.3**).

3.5.5.5 Детальний розрахунок елементів кріплення баластового кіля

3.5.5.5.1 Умови правильності розрахунків

Наведені вище розрахунки дійсні тільки якщо всі болти правильно і рівномірно завантажені і здатні передавати навантаження від кіля на конструкції корпусу судна. Ця умова вважається виконаною за дотримання вимог, викладених у табл. 3.5.5.5.2.

3.5.5.5.2 Використання табл. 3.5.5.5.2 для розрахунку розмірів опорної пластини, товщини обшивки днища та елементів кіля, що з'єднуються з корпусом судна

У табл. 3.5.5.5.2 наведено докладну інформацію щодо розрахунків. Наведені в таблиці формули є напівемпіричними і частково засновані на спрощених формулах міцності матеріалу, частково - на позитивному досвіді побудови та експлуатації суден. Термін АВ-пластик у таблиці означає, як правило, ламінат на основі Е-скла.

Формули відносяться до двох конфігурацій, що часто зустрічаються:

• болти розташовані не далі відстані в 2,5 діаметра болта від стінки П-подібного ребра жорсткості, і проходять через прилеглі фланці РЖ. Рекомендується встановлювати на днище з внутрішньої сторони приформувальний кутник (див. рис. 3.5.5.5.3-1);

• болти розташовані на відстані більшій ніж 2,5 діаметра болта від стінки ребра жорсткості. Один або декілька таких болтів разом з опорною пластиною розташовуються на передній або задній кромці кіля по осі симетрії плавника кіля.

Функція опорної пластини, приформувального кутника і обшивки корпусу судна полягає в передачі навантаження від кіля на підтримуючий набір з флор і поздовжніх балок. Застосування опорної пластини вважається найефективнішим у цьому відношенні, так як призводить до зменшення необхідної товщини елементів корпусу судна в районі кіля.

У цьому підрозділі прийнятий підхід, при якому товщина опорної пластини не перевищує товщину обшивки корпусу судна.

Досвід експлуатації суден показує, що зворотний підхід, коли товщина опорної пластини перевищує товщину обшивки, призводить до аварійної втрати кіля через неміцність занадто тонкої зовнішньої обшивки.

Тим не менш, при застосуванні в конструкції судна такої «тонкої» обшивки, рекомендується, щоб механічні властивості ламінату перевищували необхідні в розділі **.4**. У таких випадках товщина обшивки повинна визначатися згідно з **3.3** з урахуванням фактора k_{SLS} (див. **2.3.8**). Також слід зазначити, що збільшення розрахункового тиску в 1,8 рази не пов'язане із навантаженням від кіля як такого.

Обшивка днища в районі кіля і болтів повинна складатися з одношарового ламінату. Якщо днище є тришаровою конструкцією, в межах площі, показаної на рис. 3.5.5.5.2 повинен виконуватися перехід до одношарового ламінату відповідно до **8.8.4.1.1** на довжині в три товщини тришарової обшивки. Товщина обшивки днища, необхідна в розділах **1** і **3** табл. 3.5.5.5.2 повинна витримуватися в межах 100мм вперед і назад відповідно від крайніх носового і кормового флорів, що підтримують

кіль, і на кожен борт від зовнішнього кільового болта.

Якщо застосовуються болти з металу, відмінного від сталі, наприклад, з нікелю, алюмінієвого, мідно-нікелевого сплаву, рекомендується, щоб уникнути корозії, застосовувати опорні пластини і шайби, виготовлені з того ж чи сумісного металу. У цьому випадку товщина і розміри опорної пластини повинні визначатися в залежності від зусиль (або жорсткості, якщо було використано значення t_{BP2}) в болтах з застосовуваного металу, а коефіцієнти для сталі повинні використовуватися, якщо метал має таку ж міцність або міцніше, ніж сталь.

Діаметри, зазначені в заголовках розділів та формулах табл. 3.5.5.5.2 (включаючи відстань 2,5d), відносяться до кожного болта. Номінальний необхідний діаметр d_{req} визначається множенням на 1,18 внутрішнього діаметра різьби, необхідного для забезпечення міцності при випадках навантаження **1** або **4**.

Якщо получено більше значення номінального діаметра d згідно табл. 3.5.5.5.2, то воно не повинне перевищувати d_{req}.

У **3.5.5.3** визначаються вхідні розрахункові значення, що застосовуються в табл. 3.5.5.5.2.

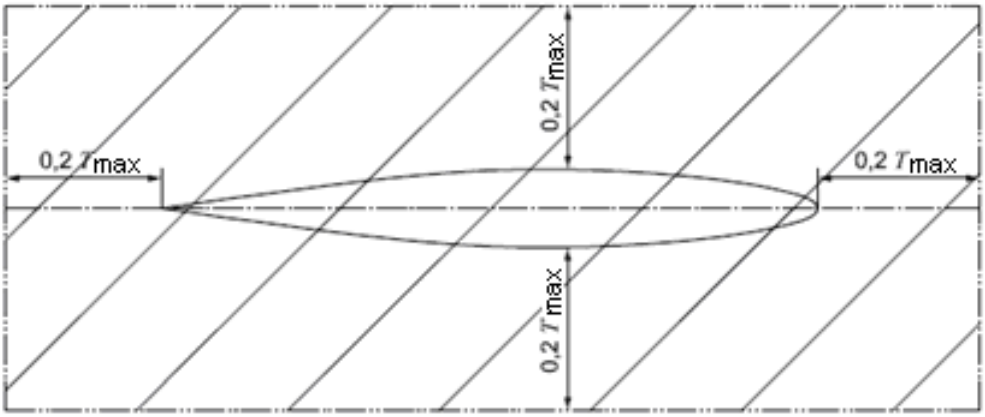


Рис. 3.5.5.5.2. Район днища з підвищеним тиском, пов'язаним з баластовим кілем

Таблиця 3.5.5.5.2 **Вимоги до розмірів елементів кріплення кіля**

Розмір, властивості	Значення	Пояснення та дані для розрахунку
1	**2**	**3**
1. Загальні вимоги до болтів усіх конфігурацій		
Діаметр опорної пластини	$d_{BPmin} = K_{B1} \times F_{bolt}^{0,5}$	K_{B1} - коефіцієнт, що дорівнює: K_{B1} = 0,4 для АВ-пластику і дерева та K_{B1} = 0,3 для металу. Значення d_{BPmin} має перебувати в межах (4,2 ÷ 5,2)d_{req} і радіус круглої опорної пластини повинен забезпечити відстань від осі болта до стінки РЖ в межах (2 ÷ 2,5)d_{req}. Щоб забезпечити цю вимогу, можуть використовуватися: квадратна пластина зі стороною b_S = 0,9d_{BP} або прямокутна пластина (див. рис. 3.5.5.5.3-1). Для двох болтів на єдиній опорній пластині довжина пластини повинна становити ≥ d_{BP}, а площа пластини ≥ 1,6d_{BP}^2

Продовження таблиці 3.5.5.5.2 **Вимоги до розмірів елементів кріплення кіля**

Розмір, властивості	Значення	Пояснення та дані для розрахунку
1	**2**	**3**
1. Загальні вимоги до болтів усіх конфігурацій		
Товщина обшивки днища судна (1), у районі кільових болтів t_{H1}, мм. Одношаровий ламінат потрібен у районі кільових болтів (див. **3.5.5.5.2**)	$t_{H1}=\frac{F_{bolt}}{K_{B2}\times d_{req}}$ де: d_{req} - номінальний діаметр болта, що визначається внаслідок обчислень за формулою (3.5.5.4.4.1) для випадку навантаження **1** або згідно **3.5.5.4.5** для випадку навантаження **4**. Використовується значення: d_{req} = 1,18d_{neck}	K_{B2} = 110 для АВ-пластику; K_{B2} = 17 для дерева; K_{B2} = 300 для сталі або міцнішого металу; K_{B2} = 210 для алюмінієвих сплавів. Товщина прошарку з будь-якого CSM-мату повинна бути збільшена на 10%, або товщина комбінованої одношарової обшивки, що включає такий мат - на 5%. Вимоги до мінімальної товщини t_{Hmin}, які наведені в розділі **4** даної таблиці, повинні також задовольнятися. Якщо болт проходить через фланець П-подібного РЖ, який прилягає до обшивки, і приформувальний кутник, вимога до товщини t_{H1} застосовується до загальної товщини елементів вздовж осі болта: зовнішня обшивка+фланецьРЖ+приформувальнийкутник. Якщо використовується приформувальний кутник, товщина t_{H1} може бути зменшена на 15% за умови дотримання розмірів приформувального кутника і товщини його стінки, наведених нижче.
2. Вимоги до розмірів елементів при розташуванні болтів у межах 2,5d_{req} від стінки РЖ (тільки для АВ-пластику, див. пояснення в **3.5.5.5.3**)		
Товщина стінки приформувального кутника t_{WLT}, мм	$t_{WLT}=$ $=4\times\left(\frac{F_{bolt}}{\sigma_{utWLT}\times b_{BP}}\right)$	Частина кутника або підсилення ламінатом, яка передає зусилля від болта на стінку РЖ повинна мати довжину, рівну b_{BP} опорної пластини (див. рис. 3.5.5.5.3-1). Довжину b_{BP} не слід приймати більше 6d_{req} для одного болта та 12d_{req} для двох болтів. ***Примітка:*** Індекс WLT показує, що значення границі міцності слід підставляти залежно від матеріалу підсилення (weblappingtray).
Площа приформувальногокутникаA, що прилягає до стінки РЖ, см²	$A=\frac{F_{bolt}}{500}$	Висота приформувального кутника, що прилягає до стінки РЖ повинна становити h_{LT} = 100A/b_{BP}, мм. Ця вимога забезпечує площу з'єднання, достатню для передачі зусилля від болта на стінку РЖ. Вимога не застосовується до П-подібних РЖ, що приєднуються до обшивки на клею [див. Рис. 5.5.6.3 г)].
Товщина (1) сталевої опорної пластини t_{BP1}, мм	$t_{BP1}=$ $=0,1\cdot\sqrt[3]{F_{bolt}\cdot d_{req}}$	d_{req} = 1,18d_{neck} – номінальний діаметр болта. d_{neck} визначається в **3.5.5.4.4** (випадок навантаження **1**) або в **3.5.5.4.5** (випадок навантаження **4**). Діаметр болта може перевищувати значення d_{req}.
3. Вимоги до розмірів елементів при розташуванні болтів за межами відстані 2,5d_{req} від стінки РЖ (тільки для АВ-пластику)		
Товщина обшивки днища судна (2), у районі кільових болтів t_{H2}, мм. Одношаровий ламінат потрібен у районі кільових болтів (див. **3.5.5.5.2**)	$t_{H2}=$ $=K_{B3}\sqrt{\frac{F_{bolt}}{\sigma_{uf}}}$	K_{B3}=1,8 для АВ-пластику (σ_{uf} = 180 Н/мм² матеріалу днища) у разі одного болта на кожній опорній пластині. Якщо кілька болтів проходять через одну пластину, товщина обшивки може бути прийнята як середня між обчислюваною за поз. (1) та (2) у даній таблиці. Вимога до мінімальної товщини t_{Hmin} у розділі **4** даної таблиці також має виконуватися.

Закінчення таблиці 3.5.5.5.2 **Вимоги до розмірів елементів кріплення кіля**

Розмір, властивості	Значення	Пояснення та дані для розрахунку
1	2	3
3. Вимоги до розмірів елементів при розташуванні болтів за межами відстані 2,5d_{req} від стінки РЖ (тільки для АВ-пластику)		
Товщина опорної пластини (2) t_{BP2}, мм	$t_{BP2}=$ $=0{,}15\cdot\sqrt[3]{F_{bolt}\cdot d_{req}}$	Товщина характеризує жорсткість опорної пластини (підіймання країв та передачу навантаження). Корінь кубічний показує, що зусилля в опорній пластині не є вирішальними. Навантаження передається в основному через зусилля в болтах.
4. Мінімальна товщина обшивки в районі кільових болтів і в межах зони, показаної на рис. 3.5.5.5.2		
$$t_{H\min}=0{,}06b_S^{0{,}95}\times k_{1/2}\times(1-0{,}25A_R)\times\frac{m_{LDC}^{0{,}175}}{\sigma_d^{0{,}5}}$$ де: $k_{1/2}$ – коефіцієнт відношення сторін пластини (має зворотне значення коефіцієнту k_2 і повинен прийматися в межах $1{,}0\le k_{1/2}\le 2{,}0$); σ_d – допустиме напруження $\sigma_d=\sigma_{uf}$ для АВ-пластику та дерева, $\sigma_d=0{,}9\sigma_y$для металів; b_S - відстань в мм між стінками сусідніх флорів або балок, дивлячись по тому, що коротше, але не повинно прийматися менше значення $350+5L_{WL}$ для АВ-пластику або $250+5L_{WL}$ для інших матеріалів. ***Примітка.*** Товщина обшивки корпусу t_{Hmin} відповідає вимогам **3.3** у районі кіля при використанні значень допустимого напруження σ_d згідно **3.3.2.1**, яке відрізняється від σ_d, прийнятої в **3.5.2.**		
5. Підсумовування вимог та доповнення		
Розрахункове значення зусилля в болтах не слід приймати менше 50% від зусилля в найбільш навантаженому болті при відповідному випадку навантаження. Діаметр опорної пластини ніколи не повинен прийматись менше $3d_{req}$ болта. Формули, наведені у цій таблиці, можуть бути використані для композитів. інших, ніж склопластик, і для оцінки властивостей ламінату за рівнем EL-а з тим обмеженням, що значення не можуть бути прийняті більш ніж на 25% більше, ніж зазначено у формулах рівня EL-б за умовчанням, як зазначено в **11.4**, для склопластику, з тим же вмістом сухих волокон у масі ламінату. Зусилля для болтів та їх розміри повинні прийматись при випадках навантаження **1** і **4**, залежно від того, який випадок дає великі значення. Якщо зусилля в болтах були визначені тільки при навантаженні **4**, зазначені значення можуть бути помножені на коефіцієнт 0,67, що дозволить уникнути завищення запасу міцності, так як випадок навантаження **4** вважається менш ймовірним, ніж випадок навантаження **1**.		

3.5.5.5.3 Пояснення до використання табл. 3.5.5.5.2 та рис. 3.5.5.5.3-1 і рис. 3.5.5.5.3-2

.1 Загальні вимоги до елементів кріплення всіх конфігурацій

Щоб забезпечити ефективну передачу навантажень від болта на елементи корпусу судна, мінімальний діаметр опорної пластини d_{BPmin} і товщина обшивки корпусу t_{H1} щодо болтів і діаметра опорної пластини повинні відповідати силі F_{bolt}, прикладеної вниз і яка передається через болти. Якщо обшивка днища має багатошарову конструкцію поза районом кіля, опорна пластина не повинна простягатися на площу тришарової панелі, щоб уникнути ризику зминання обшивки.

Примітка. Для спрощення, опорна пластина вважається круглою, але на практиці часто застосовують квадратну або прямокутну форму для двох болтів (див. перший рядок табл. 3.5.5.5.2).

.2 Вимоги до розмірів елементів при розташуванні болтів у межах 2,5d_{req} від стінки РЖ (тільки для АВ-пластику)

а) Випадок приформувального кутника, що прилягає до обшивки корпусу та стінки ребра жорсткості (флора):

Цей рядок таблиці містить формули для розмірів кутника (товщина t_{WLT} та висота кутника h_{LT}) залежно від його довжини b_{BP}. Щоб не завищувати товщину, довжина b_{BP} може перевищувати розмір d_{BPmin}, але не більше ніж до розміру $6d_{req}$. Якщо приформувальний кутник формується в шаховому порядку, як описано в **5.5.6.3.2**, повна товщина повинна витримуватися в межах довжини b_{BP}. Кутник таких розмірів відповідає за міцністю опорній пластині зі сталі товщиною t_{BP1}. Див. також рис. 3.5.5.5.3-1 а).

б) Випадок опорної пластини:

Товщина пластини t_{WLT} є загальною товщиною підсилення в районі опорної пластини, тобто номінальна товщина обшивки плюс можливе підсилення опорною пластиною та прилеглим фланцем ребра жорсткості (флора). Отже, розмір площі не має значення. Висота ребра жорсткості (флора) повинна перевищувати h_{LT}, але не менше розміру флорів, визначених в **3.5.4.** Див. рис. 3.5.5.5.3-1 б).

.3 Вимоги до розмірів елементів при розташуванні болтів за межами відстані 2,5d_{req} від стінки РЖ (тільки для АВ-пластику)

Розташування болтів далі ніж 2,5d_{req} від стінки ребра жорсткості (флора) призводить до зниження жорсткості обшивки днища і опорної пластини і, отже, необхідно збільшення їх товщин.

.4 Мінімальна товщина обшивки в районі кільових болтів і в межах зони, показаної на рис. 3.5.5.5.2

Конструкція обшивки днища або плавникового кіля в межах 0,2d_{max} в поздовжньому і поперечному напрямку від місця приєднання баластового кіля повинна бути такою, щоб витримувати тиск на пластину, що становить 180% від розрахункового тиску на днище, що визначається в **2.4**.

Це може бути досягнуто або шляхом збільшення товщини, або шляхом зменшення шпації. Ця зона показана на рис. 3.5.5.5.2, де T_{max} – максимальна осадка судна (з кілем).

Спрощена формула для товщини обшивки днища наведена у табл. 3.5.5.5.2.

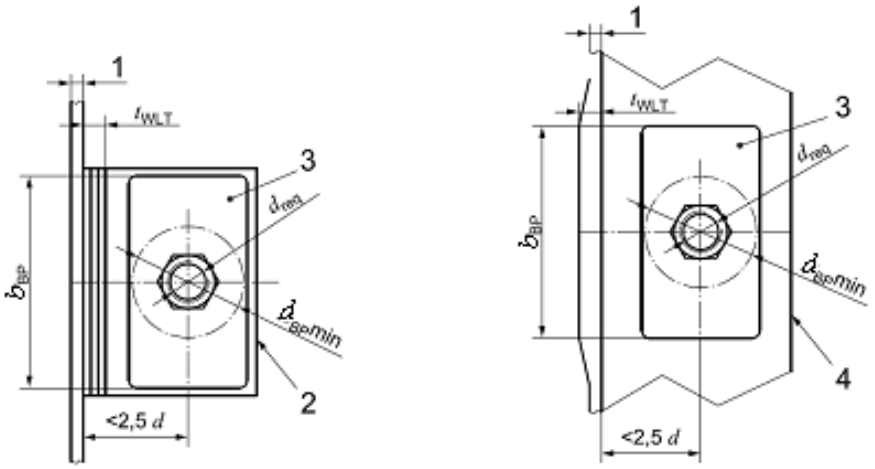
.5 Підсумовування вимог та доповнення.

У цьому розділі табл. 3.5.5.5.2 наведено заключні положення та додаткові вимоги до інших осередків таблиці.

Примітка. У зв'язку з відсутністю достовірних даних, розділи **2** та **3** табл. 3.5.5.5.2 застосовуються лише до суден із АВ-пластику.

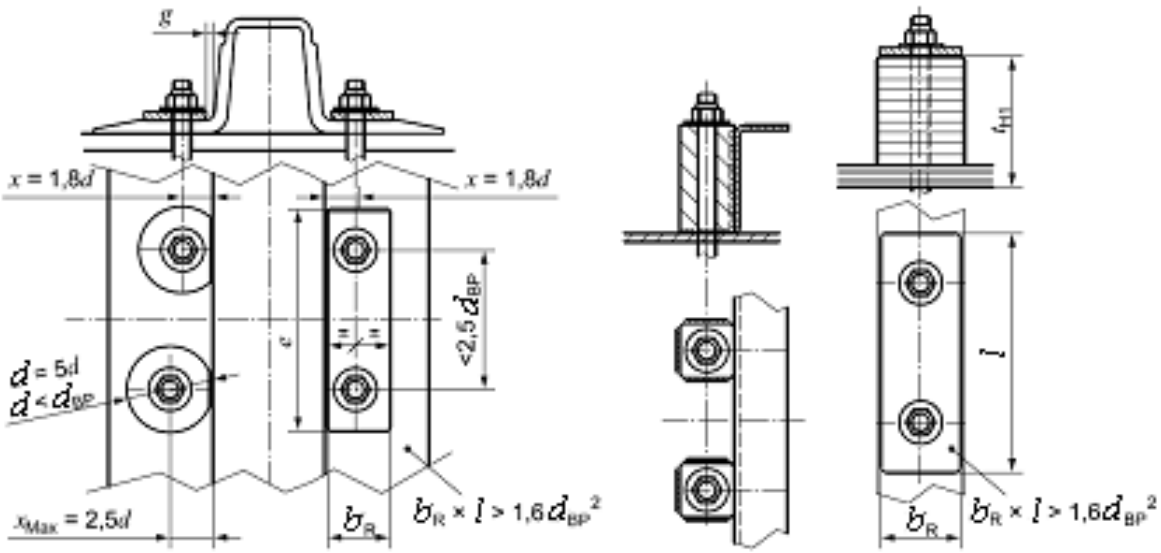
.6 Пояснення до використання рис. 3.5.5.5.3-1 і рис. 3.5.5.5.3-2

На рис. 3.5.5.5.3-2,а) показано П-подібне ребро жорсткості з АВ-пластику. У варіанті зліва зображені болти з круглими опорними пластинами. Відстань між віссю болтів та бічною стінкою ребра жорсткості рекомендується приймати не більше 2,5d. Лівий верхній болт віддалений від стінки на відстані x = 1,8d, яке забезпечується шляхом відрізання частини опорної пластини. Лівий нижній болт віддалений від стінки РЖ на максимальній відстані x_{max} = 2,5d, тому величина зрізу пластини мінімальна. Праворуч на рис. 3.5.5.5.3-2,а) показаний рекомендований тип опорної пластини: прямокутна плоска пластинка з закрученими кутами, злегка несиметрична щодо осі, що з'єднує болти, щоб забезпечити розміщення болта ближче до стінки РЖ (відстань x тут також дорівнює 1,8d). Площа такої пластини повинна як мінімум удвічі перевищувати суму площ двох круглих опорних пластин з діаметром d, отже, $b_R \cdot l > 1{,}6d_2$. Зазор g між краєм опорної пластини та стінкою П-подібного РШ повинен бути якнайменш, рекомендується не більше 2 ÷ 3мм. Краї опорної пластини повинні бути закруглені вниз, щоб уникнути будь-якого ризику підрізування стінки ребра жорсткості.



а) Приформувальний кутник б) опорна пластина

Позначення: 1 – Стінка флора в районі болтів, товщиною відповідно до **3.5.4**;
2 - краї приформувального кутника; 3 – фактичний розмір опорної пластини;
4 - край фланця П-подібного флора (балки), що прилягає до обшивки.
Рис. 3.5.5.5.3-1. Елементи підсилення кріплення кіля.



а) П-подібне РЖ із АВ-пластику

б) Металеве ребро жорсткості

в) Дерев’яне ребро жорсткості

Рис. 3.5.5.5.3-2. Сталеві опорні пластини при обшивці днища з різних матеріалів

На рис. 3.5.5.5.3-2, б) показано рекомендоване з'єднання для металевих конструкцій (див. **8.8.4.1.2**), а на рис. 3.5.5.5.3-2, в) показана конструкція, що рекомендується, для дерев'яного судна (див. **8.8.4.1.3**).

3.5.6 Геометричні властивості типових форм крила (плавника)

3.5.6.1 Розміри

Прийняті наступні позначення розмірів на рис. 3.5.6.1 для плавника прямокутної або обтічної форми:

L_f - загальна довжина профілю, мм (не плутати з довжиною флора L_F, що використовується в інших місцях цього підрозділу і на рис. 2.6.2.1),

b_f - максимальна ширина профілю, мм,

t_f – товщина стінки порожнього профілю, мм.

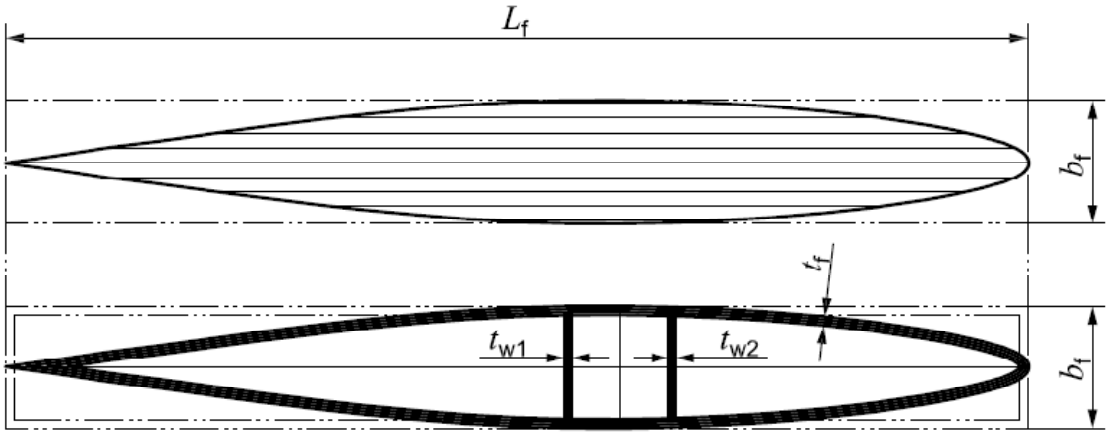


Рис. 3.5.6.1. Ескіз суцільного та порожнистого профілю плавника кіля прямокутної або обтічної форми

3.5.6.2 Опір вигину

3.5.6.2.1 Поперечні момент опору W_T та момент інерції I_T поперечного перерізу

Мінімальний момент опору поперечного перерізу визначається за формулою, см^3:

$$W_T = 20 \times I_T / b_f \qquad (3.5.6.2.1\text{-}1)$$

де: I_T - поперечний момент інерції перерізу см^4, що обчислюється за формулами, наведеними нижче.

Поперечний момент інерції площі суцільного перерізу, см^4:

$$I_T = \frac{k_f^2}{1,2 \times 10^5} \times L_f \times b_f^3 \qquad (3.5.6.2.1\text{-}2)$$

Поперечний момент інерції поперечного перерізу порожнього профілю визначається за формулою, см^4:

$$I_T = \frac{k_f^2}{1,2 \times 10^5} \times \left[L_f \times b_f^3 - \left(L_f - 2t_f\right) \times \left(b_f - 2t_f\right)^3 \right] + \sum \frac{t_{wi} \times h_{wi}^3}{1,2 \times 10^5}, \qquad (3.5.6.2.1\text{-}3)$$

де: t_{wi} - товщина вертикальних внутрішніх перемичок, мм;
h_{wi} – висота перемички, мм;
k_f - коефіцієнт повноти форми профілю, значення якого наведені в табл. 3.5.6.2.1 для типових форм.

Для інших форм k_f визначається за наступною формулою:

$$k_f = \frac{A_f}{L_f \times b_f}, \qquad (3.5.6.2.1\text{-}4)$$

де: A_f - площа поперечного перерізу профілю.

Цей метод недооцінює геометричні властивості перерізу плавника як аеродинамічного крила з тонкими стінками. Товщину стінки вимірюють перпендикулярно до поверхні. Внутрішній поздовжній розмір довжини плавника складатиме L_f - t_f - t_f/Arctg (кута на задній кромці).

При типовому куті нахилу на задній кромці +6° внутрішня довжина становить L_f - $10t_f$. Внутрішній поперечний розмір буде, як зазначено вище, менше на товщину обшивки стінок профілю. Рекомендується формули, наведені вище, використовувати тільки для попереднього розрахунку, а більш точні значення отримувати при розрахунку з використанням відповідного програмного забезпечення.

Таблиця 3.5.6.2.1 **Значення k_f та k_{f1} для типових форм профілю плавника**

Форма в перерізі	Значення k_f	Значення k_{f1}
Суцільний прямокутник	1,000	1,00
Еліптична	0,786	1,00
Ромбічна	0,500	1,00
Параболічна	0,667	1,00
NACA 00XX	0,664	1,16
NACA 65aXX	0,670	1,16

3.5.6.2.2 Поздовжні момент опору W_L та момент інерції I_Lпоперечногоперерізу

Мінімальний поздовжній момент опору перерізу визначається за формулою, см^3:

$$W_L = \frac{20 \times I_L}{k_{f1} \times L_f}, \qquad (3.5.6.2.2\text{-}1)$$

де: k_{f1} - коефіцієнт корекції максимальної довжини крила, наведений у табл. 3.5.6.2.1.

Коефіцієнт дорівнює 1 для всіх перерізів, які симетричні відносно осі симетрії, перпендикулярної до поздовжньої осі профілю, і 1,16 для перерізів типу NACA.

Поздовжній момент інерції I_L площі суцільного перерізу визначається за формулою, см^4:

$$I_L = \frac{k_f^2}{1,2 \times 10^5} \times b_f \times L_f^3 \qquad (3.5.6.2.2\text{-}2)$$

Поздовжній момент інерції поперечного перерізу порожнього профілю визначається за формулою, см^4:

$$I_L = \frac{k_f^2}{1,2 \times 10^5} \times \left[b_f \times L_f^3 - \left(b_f - 2t_f\right) \times \left(L_f - 2t_f\right)^3 \right] \qquad (3.5.6.2.2\text{-}3)$$

Крім того, ефект поперечних перемичок може враховуватися за допомогою виразу: $\sum t_{wi} \cdot h_{wi} \cdot x_i^2$, де x_i - поздовжня відстань від осі поперечної симетрії профілю до осі і-перемички.

Якщо перемичка розташована поблизу осі симетрії профілю, ефект стінки буде невеликий і ним можна знехтувати.

3.5.6.3 Опір крученню

Зусилля від крутного моментувикликають напруження зсуву, що виникають в плавнику кіля.

Максимальне напруження зсуву зазвичай діє паралельно осі симетрії плавника (тобто в поздовжньому напрямку) і визначається за формулою Н/мм^2:

$$\tau = \frac{T_o}{W_{To}}, \qquad (3.5.6.3\text{-}1)$$

де: T_O - максимальний крутний момент, Нм;

W_{To} - момент опору крученню перерізу, що визначається за формулами:

для суцільного перерізу, см^3:

$$W_{To} = \frac{L_f \times b_f^2 \times k_f^2}{3000}, \qquad (3.5.6.3\text{-}2)$$

або для порожнього некруглого перерізу, см^3:

$$W_{To} = \frac{2 \times k_f \times t_f \times \left(L_f - t_f\right) \times \left(b_f - t_f\right)}{1000} \qquad (3.5.6.3\text{-}3)$$

3.5.7 Підсумкова перевірка відповідності розрахунків розмірів елементів баластових кілів вимогам Правил

3.5.7.1 Дотримання вимог цього підрозділу (**3.5**) досягається шляхом виконання умов, викладених у підпункті **а)** або, навпаки, **б)**:

а) Конструкція кіля та його кріплення повинні відповідати вимогам **2.6, 3.5.1** та **3.5.2**, а також, якщо застосовно, вимогам **3.5.4 ÷ 3.5.6, 8.8** та **Додатку I** цієї частини Правил.

Однак, якщо частина вимог **3.5.4 ÷ 3.5.6, 8.8** та **Додатку I** цієї частини Правил не виконуються, необхідно обґрунтувати вибір використаних альтернативних методів розрахунку розмірів, відповідно до **3.5.3**, для задоволення цих вимог.

б) Конструкція повинна відповідати вимогам **2.6, 3.5.1 ÷ 3.5.2, 3.5.4 ÷ 3.5.6, 8.8** та **Додатку I** цієї частини Правил у повному обсязі. В цьому випадку ніяких додаткових підстав та розрахунків не потрібно.

3.5.7.2 Якщо конструкція кіля та його кріплення відповідають варіанту **а)**, можливе неповне застосування вимог **3.5.4 ÷ 3.5.6, 8.8** та **ДодаткуI** цієї частини Правил.

Однак, якщо обрано альтернативний варіант **б)**, виконання всіх вимог, зазначених у варіанті, є обов'язковим.

Примітка. Вимоги до розмірів елементів баластового кіля та його кріплення розглядаються як відповідні мінімальним вимогам для вітрильних суден, які експлуатуються з дотриманням норм безпеки, правил судноводіння та з урахуванням дотримання призначеного району плавання. Неможливо спроектувати вітрильне судно, яке зможе протистояти екстремальним умовам, таким як жорстка посадка на мілину, зіткнення або ураган. У цьому контексті мінімальна міцність означає, що судно буде в змозі перенести важкий шторм і помірні ударні навантаження при мінімальних пошкодженнях конструкції.

3.6 КОРПУСИ СУДЕН ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Для визначення розмірів елементів корпусу малих суден із залізобетону в комплексному або композитному виконанні повинні застосовуватися «Правила побудови корпусів суден і плавучих споруд із використанням залізобетону» Регістру судноплавства України.

4 КОНСТРУКЦІЯ МЕТАЛЕВОГО КОРПУСУ

4.1 ОБЛАСТЬ ПОШИРЕННЯ

Цей розділ поширюється на конструкцію корпусу із сталі та легких сплавів малих суден.

4.2 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ, СКОРОЧЕННЯ

4.2.1 Терміни та визначення, наведені нижче, застосовуються також до суден, корпус яких виготовлений з будь-яких інших матеріалів.

Ахтерпік – крайній кормовий відсік основного корпусу судна, що простирається від ахтерштевня до ахтерпікової перегородки.

Ахтерпікова перегородка – непроникна поперечна перегородка корпусу судна, що відділяє ахтерпік від решти приміщень.

Ахтерштевень – конструкція кормової частини судна у вигляді відкритої чи замкнутої сталевої рами, що є продовженням кіля і якою закінчується набір судна у кормі.

Бак – надбудова судна у носовій частині, що починається від форштевня.

Балка набору – деталь набору корпусу судна, призначена для сприйняття поздовжніх та поперечних навантажень.

Бімс – поперечне ребро жорсткості, яке зазвичай відноситься до основного набору, що підтримує настил палуби або платформи.

Бімсова книця – книця, що з’єднує бімс та шпангоут судна.

Борт – частина корпусу судна, що складається з бічної зовнішньої обшивки та підкріплювального набору.

Бортова зовнішня обшивка – частина зовнішньої обшивки, розташована вище скулового поясу.

Бортове перекриття – перекриття судна, розташоване від скулового поясу зовнішньої обшивки вгору до найближчої палуби чи між палубами, що простягається за довжиною до найближчих поперечних перегородок чи вигородок судна.

Бортовий стрингер – стрингер, встановлений перпендикулярно чи під кутом до поверхні зовнішньої бортової обшивки судна.

*Бракет*а – листова деталь прямокутної або близької до прямокутної форми, призначена для з'єднання балок набору між собою та приєднання їх до обшивки або настилу суміжних конструкцій.

Бракетний флор – флор, що складається з верхніх та нижніх балок, з'єднаних бракетами.

Брештук – трикутний або трапецієподібний горизонтальний лист, що з'єднує форштевень чи ахтерштевень з бортовим набором, палубою та зовнішньою обшивкою корпусу судна.

Брусковий кіль –кіль судна у вигляді поздовжнього бруса, розташованого у діаметральній площині, що простягається від форштевня до ахтерштевня, виступаючи за днищеву обшивку.

Вертикальний кіль – кіль судна у вигляді днищевого стрингера, що проходить у діаметральній площині судна по всій його довжині або на частині довжини.

Верхня палуба – найверхня палуба, безперервна на усій довжині судна.

Вигородка- вертикальна чи похила стінка з набором або без нього, що розділяє приміщення усередині відсіку судна.

Викружка зоввнішньої обшивки –вигнутий лист зовнішньої обшивки корпусу судна у ділянці виходу гребного валу.

Відбійна перегородка –перегородка з вирізами, встановлена для зменшення динамічного навантаження від переміщення рідин.

Внутрішній борт – вертикальне перекриття, що встановлюється паралельно чи майже паралельно з бортом і створює разом з ним міжбортовий простір.

Головна поперечна перегородка – непроникна поперечна перегородка корпусу, що досягає палуби перегородок, іде від борту до борту та розділяє судно на відсіки, які забезпечують його непотопність.

Горизонтальна балка перегородки – горизонтальна балка набору перегородки складеного чи катаного профілю.

Горизонтальна рама перегородки – посилена горизонтальна балка перегородки, що складається з листа і підкріплювального набору

Горизонтальний кіль - горизонтальний середній пояс зовнішньої днищевої обшивки судна, розташований симетрично відносно діаметральної площини судна.

Днищева зовнішня обшивка – нижня частина зовнішньої обшивки, включаючи листи скулового поясу.

Днищеве перекриття – перекриття судна, що розташоване між верхніми кромками скулових поясів і простягається впродовж до найближчих поперечних перегородок чи вигородок.

Днищевий стрингер – стрингер, встановлений перпендикулярно до основної площини або до днищевої зовнішньої обшивки.

Затулка – листова деталь, призначена для закриття вирізів у конструкціях корпусу судна, через які проходять деталі набору.

Знімний лист – лист з підкріплювальним набором чи без нього, що закриває виріз у корпусі судна та прикріплюється до нього за допомогою рознімного з'єднання.

Знімний настил – настил, що складається із суцільних пласких, перфорованих чи рифлених листів, що встановлюються поверх лати та підкріплюються, в разі потреби, набором.

Зовнішня обшивка – непроникна оболонка корпусу судна з металевих листів, яка разом з її набором становить борти, днище та кінцеві частини судна.

Кап – конструкція, утворена вертикальними стінками і настилом з підкріплювальним набором, що закриває вирізи над приміщеннями судна.

Карлінгс - поздовжнє ребро жорсткості палубного перекриття судна збільшених розмірів, що відноситься до рамного набору.

Квартердек – піднята уступом на частині міжпалубної відстані кормова частина верхньої палуби судна.

Кіль – поздовжня балка чи балки, або пояс зовнішньої обшивки судна, що розташованів діаметральній площині або симетрично відносно цієї площини біля району днища судна і призначені для забезпечення міцності корпусу судна.

Кільсон – поздовжня балка днищевого набору судна внутрішнього плавання у вигляді листа чи складеного профілю.

Книця – листова деталь трикутної чи близької до трикутної форми, призначена для з'єднання балок набору корпусу судна.

Комінгс – конструкція, що облямовує виріз у палубі, платформі, перегородці, напівперегородці, вигородці, настилі подвійного дна та бортах судна.

Корпус – металева споруда коробкового типу, що складається з набору, зовнішньої обшивки, перегородок, настилів палуб та платформ, що забезпечує створення сили плавучості, міцність і можливість розміщення людей, вантажів, обладнання та спорядження, обумовлених призначенням судна.

Кринолін – конструкція за лінією зовнішньої обшивки корпусу судна для запобігання пошкоджень гвинтів, стерна, підводних крил та інших частин, що виступають.

Лата – каркас для установлення настилів підлог, кріплення зашивки приміщень судна тощо.

Льодовий пояс зовнішньої обшивки – потовщені листи зовнішньої обшивки судна в ділянці дії льодового навантаження.

Міждонний лист – горизонтальний чи похилий лист настилу подвійного дна судна, що прилягає до зовнішньої обшивки.

Місток – палуба надбудови судна, на якій знаходяться прилади керування судном та штурманська і рульова рубки.

Набір – каркас з металевих балок та ребер жорсткості, що надає конструкціям корпусу задану форму і разом з обшивкою та настилом забезпечує необхідну жорсткість та міцність.

Набір рамний – елементи жорсткості, що підтримують основний набір. До рамного набору зазвичай відносяться балки, що мають більш високе значення моменту опору площі поперечного перерізу щодо РЖ основного набору, наприклад, флори, стрингери, рамні шпангоути борту.

Надбудова - закрита палубою споруда на палубі надводного борту, що простирається від борту до борту або віддалена від будь-якого з бортів судна на відстань не більше 0,04 ширини судна $B_Н$ і має двері, вікна або інші отвори в зовнішньому контурі. Для суден зі складними обводами - див. також визначення надбудови **2.2.2.1**.

Накладний лист –лист, що підкріплює другий лист, який становить певну корпусну консрукцію судна та встановлюється на нього всією своєю площиною.

Напівбімс – бімс, що проходить не повсій ширині судна – від борту до карлінгса чи до вирізу у палубі.

Напівперегородка – перегородка корпусу судна, що доходить не на усій довжині чи ширині або висоті відсіку.

Напівстрингер – днищевий стрингер зменшеної висоти, встановлюваний між основними стрингерами на днищевій зовнішній обшивці чи під настилом подвійного дна.

Настил – полотнище з металевих листів, що прикріплюються до набору конструкцій, розташованих у горизонтальній чи близько до неї площині судна.

Настил палуби – настил з листів, що разом із набором становлять палубне перекриття.

Настил платформи - настил з листів, що разом із набором становлять перекриття платформи.

Настил подвійного дна – непроникний настил, що обмежує подвійне дно зверху.

Непроникна перегородка – перегородка корпусу судна, що доходить до палуби надводного борту, яка при експлуатації або в аварійних випадках є непроникною.

Непроникний флор – флор, що розділяє подвійне дно на непроникні відсіки.

Нижня палуба – палуба судна, розташована нижче верхньої палуби.

Облегшений флор – суцільний флор, що має вирізи для зменшення маси.

Обшивка – полотнище з металевих листів, що прикріплюються до набору та формують обводи корпусучи внутрішні вертикальні та близькі до вертикальних поверхні.

Одинарне дно – частина корпусу судна, що складається з днищевої зовнішньої обшивки та підкріплювального набору.

Основний набір – елементи жорсткості, які безпосередньо підтримують пластину. Основному набору зазвичай відповідають ребра жорсткості, що мають нижчі значення моменту опору площі поперечного перерізу, наприклад, поздовжні ребра жорсткості, шпангоути, стояки перегородок.

Паз – поздовжнє з'єднання між собою листів обшивки, настилу.

Палуба – сукупність кількох палубних перекриттівабо одне перекриття. Див також визначення палуби у **2.2.2.1**.

Палуба бака – палуба, що обмежує бак судна зверху.

Палуба надбудови – палуба судна, що обмежує зверху надбудову судна в ціломучи кожний її ярус.

Палуба перегородок – найверхня палуба судна, до якої доведені поперечні непроникні перегородки, що розділяють корпус на відсіки.

Палуба рубки - палуба на судні, що обмежує зверху рубку в цілому чи кожний з її ярусів.

Палуба юта - палуба, що обмежує ют судна зверху.

Палубне перекриття – перекриття судна, що спирається на бортові перекриття та перегородки корпусу чи пілерси і розділяє корпус на приміщення по вертикалі.

Палубний стрингер - крайній пояс настилу палуби судна, що прилягає до бортової зовнішньої обшивки корпусу судна.

Перегородка – вертикальна стінка з листів та набору, що розділяє внутрішній простір корпусу судна на відсіки чи обмежує надбудови та рубки судна.

Перекриття – полотнище з металевих листів, підкріплененаборомі обмежене контуром, на який опирається набір.

Пілерс – окремий стояк, призначений для підтримання палуб чи інших конструкцій судна.

Планшир – деталь з листового чи профільного матеріалу, що облямовує верхній край борта судна без палуби, верхній край фальшборту або іншої огорожі судна.

Платформа – палуба, розташована нижче верхньої, що простягається лише на частині довжини чи ширини судна.

Подвійне дно – частина корпусу судна, обмежена зовні днищевою зовнішньою обшивкою, а зсередини – настилом подвійного дна.

Поздовжня перегородка – перегородка, встановлена у поздовжньому напрямі судна.

Поздовжня підпалубна балка – балка набору корпусу, що підкріплює настил палуби чи платформи і розташована впродовж судна.

Поперечна перегородка – перегородка корпусу, розташована у поперечному напрямі судна.

Пояс зовнішньої обшивки – ряд листів зовнішньої обшивки судна, що послідовно з’єднані між собою у поздовжньому напрямку і мають спільні пази.

Поясок – деталь, що приварюється до вільної крайки стінки для надання їй жорсткості. Деталь, що приварюється по вільній кромці вирізу, називається обичайкою.

Привальний брус – конструкція, що встановлюється зовні вздовж борту судна для захисту бортового перекриття від ушкоджень при швартуванні.

Проміжний шпангоут – шпангоут судна, що встановлюється між основними шпангоутами.

Рамний бімс - бімс збільшених розмірів, що відноситься до рамного набору.

Рамний стояк перегородки – посилений стояк перегородки судна.

Рамний шпангоут - поперечний елемент жорсткості збільшених розмірів, що відноситься до рамного набору, який підтримує поздовжні ребра жорсткості або стрингери менших розмірів і, як правило, пов'язаний з рамним бімсом і флором.

Ребро жорсткості (на додаток до визначення в **1.2.2**) – елемент жорсткості у вигляді профілю або штаби, що відноситься до основного набору та підкріплює лист обшивки, настилу або елемента рамного набору корпусу. Ребро жорсткості, розташоване вздовж довжини судна, називається поздовжнім ребром жорсткості. Поперечні ребра жорсткості називаються шпангоутами чи бімсами основного набору.

Розпірка – балка складеного чи катаного профілю, що встановлюється переважно горизонтально та перешкоджає зближенню будь-яких частин корпусу судна.

Розподільний стрингер – стрингер зменшеної висоти та невеликої довжини, що призначається для розподілу локальних навантажень, діючих на корпус судна.

Рубка – конструкція з поздовжніх та поперечних перегородок і перекриттів, розташована на верхній палубі чи палубі надбудови, поздовжні перегородки якої знаходяться від бортів далі ніж на 0,04 ширини судна $B_Н$, яка має двері, вікна чи отвори у зовнішніх перегородках.

Система набору змішана – система набору, при якій одне перекриття судна (наприклад палуба або днище) набране за поздовжньою системою, а інші (наприклад, борт) – за поперечною системою.

Система набору поздовжня – система набору з балками основного набору, що розташовані вздовж судна.

Система набору поперечна – система набору з балками основного набору, розташованими впоперек судна.

Скула - ділянка переходу зовнішньої обшивки від борту до днища або лінія різкої зміни кута нахилу зовнішньої обшивки до ОП.

Скулова книця – книця, шо з’єднує шпангоут з міждонним листом, а коли подвійне дно відсутнє – з флором чи крайньою поздовжньою днищевою балкою, чи з’єднує крайні поздовжні днищеві балки з нижніми бортовими поздовжніми балками судна.

Скуловий кіль – кіль судна у вигляді зовнішньої поздовжньої листової або профільної балки, що прикріплюється перпендикулярно до зовнішньої обшивки судна на скулі для зменшення бортової хитавиці.

Скуловий пояс зовнішньої обшивки – пояс зовнішньої обшивки у ділянці скули.

Стик – поперечне з'єднання між собою листів обшивки, настилу, стінок та поясків набору.

Стояк перегородки – вертикальна балка набору перегородки складеного чи катаного профілю.

Стояк фальшборту – стояк для підкріплення фальшборту та з’єднання його з палубою судна.

Стрингер – посилена поздовжня балка набору корпусу суднабортового або днищевого перекриття, який підтримує шпангоути або менший рамний набір.

Суцільнийфлор – флор у вигляді листа з підкріплюючим його набором, що може мати вирізи-лази.

Транець – перекриття судна, що становить зріз транцевої корми.

Трюм - простір усередині корпусу між днищем (подвійним дном) і вище розташованою палубою або платформою. Використовується зазвичай для розміщення вантажу.

Трюмний шпангоут – вітка шпангоута судна, розташована у трюмі.

Тунельний кіль – кіль судна у вигляді двох зв’язаних між собою днищевих стрингерів, що розташовані поряд симетрично діаметральній площині.

Ширстрек – верхній пояс бортової обшивки судна, що прилягає до верхньої палуби.

Шпангоут – поперечна балка набору бортового перекриття судна чи її продовження по днищевому перекриттю.

Шпангоутна рама – рама, розташована по периметру поперечного перерізу судна, що складається з послідовно з’єднаних між собою балок поперечного набору днища, бортів і палуби.

Шпунтовий пояс зовнішньої обшивки – пояс зовнішньої обшивки судна, що прилягає до брускового кіля.

Фальшборт - конструкція з листів та підкріплювального набору для обгороджування відкритих частин палуб судна.

Фланець – відігнутий край деталі, що призначається для надання жорсткості цій деталі.

Флор – поперечний елемент жорсткості днищевого перекриття, що відноситься до рамного набору, у вигляді листів і підкріплюючого набору або поперечних балок, які йдуть зсередини судна по зовнішній обшивці днища і знизу настила подвійного дна. При необхідності флор може мати вирізи. Флором може бути напівперегородка, стінка рундука і т.п. На вітрильних суднах флори є підкріпленням баластового кіля.

Форпік – крайній носовий відсік основного корпусу судна, що простирається від форштевня до перегородки форпіка.

Форпікова перегородка - непроникна поперечна носова перегородка корпусу судна, що відокремлює носовий крайній відсік (форпік) від інших відсіків.

Форштевень - передня, найбільш міцна, конструкція носової частини судна у вигляді сталевої балки, зігнутою за формою носа, що є продовженням кіля і якою закінчується набір судна в носовій кінцевій частині.

Ют – надбудова судна у кормовій частині, що досягає крайньої точки кормової частини корпусу.

4.2.2 Скорочення та умовні позначення, що використовуються у цьому розділі, наведені в **1.2.2**.

4.3 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

4.3.1 До всіх елементів корпусу судна, по можливості, повинен бути забезпечений вільний доступ.

4.3.2 При проектуванні корпусу необхідно дотримуватися принципу суміщення елементів набору в одній площині, щоб утворилися замкнуті конструкції типу:

- карлінгс – рамний стояк поперечної перегородки – стрингер (кільсон);
- флор – рамний шпангоут борту – рамний стояк поздовжньої перегородки - бімс;
- бортовий стрингер – горизонтальна рама поперечної перегородки;
- палубна поздовжня балка – стояк поперечної перегородки – поздовжня балка днища тощо.

Примітка: на суднах зі складними обводами довжиною $L_H < 15$м поздовжні РЖ палуби, борту або днища та стояк основного набору поперечної перегородки можуть знаходитись у різних площинах.

4.3.3 Всі зміни форми або перерізу будь-яких в’язей в зварних конструкціях корпусу повинні виконуватися з плавними переходами.

По довжині корпусу повинна передбачатися плавна зміна розмірів профілів і товщини листів поздовжніх в’язей.

Зміна системи набору і товщини листів розрахункової палуби, днища, а також бортів і поздовжніх перегородок не повинна виконуватися в районах зміни властивостей міцності сталі.

Різниця товщин листів, що стикуються, не повинна перевищувати 30% товщини більш товстого листа або 3мм, залежно від того, що менше.

Указане не відноситься до листів, що утворюють пази, а також до потовщених листів, що встановлюються біля кінців надбудов, під якірними клюзами, під судновими технічними засобами тощо.

При більшій різниці крайка більш товстого листа повинна бути зрізана. У цьому випадку зріз крайки більш товстого листа t_1необхідно виконувати до товщини тонкого листа t з однієї або двох сторін до товщини тонкого листа, як показано на рис. 4.3.3.

При цьому конструктивні елементи підготовлених кромок та розміри зварного шва слід вибирати за меншою товщиною.

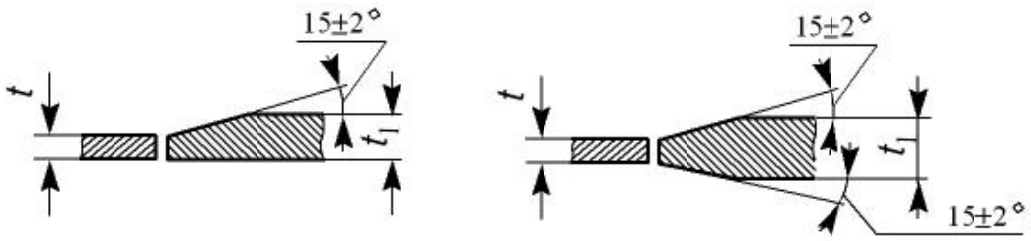
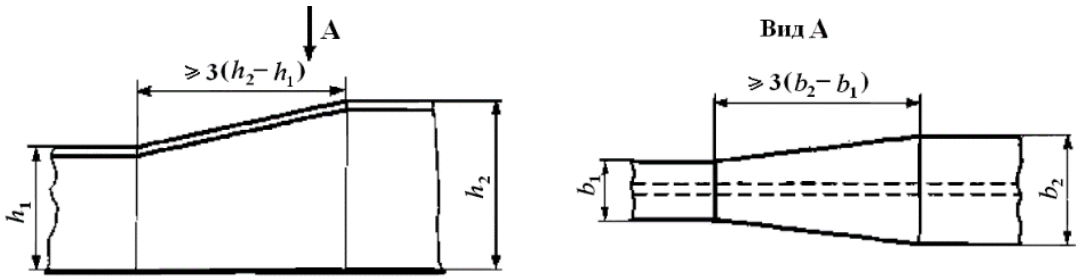


Рис. 4.3.3. Підготовка кромок листів різної товщини

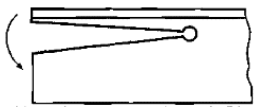
4.3.4 Система набору корпусу може бути, залежно від відношення основних розмірів та призначення судна, поздовжньою, поперечною чи змішаною. Поздовжня система приймається в основному для високошвидкісних суден малої ширини і для човнів та катерів довжиною до 10м. Змішана система (палуба, днище - по поздовжній системі, борти - по поперечній) застосовується для вантажних суден.

4.3.5 Слід забезпечувати безперервність якомога більшої кількості основних поздовжніх в'язей корпусу, а в районах їх закінчення передбачати плавне зменшення поперечного перерізу разом з іншими заходами, які сприяють зменшенню концентрації напружень.

4.3.6 Перехід стінок балок і ребер жорсткості від більшої висоти до меншої слід виконувати на довжині, що дорівнює трьом і більше різницям висот стінок в'язей, що з'єднуються. Пояски набору повинні плавно переходити одна в одну, див. приклад на рис. 4.3.6 а). Для зміни висоти стінки з фланцем або прокатного профілю рекомендується використовувати клиноподібний виріз, як показано на рис. 4.3.6 б), який заварюється після згинання верхньої частини профілю.



а) зменшення висоти стінки та ширини пояска рамного набору



б) Підрізання та згинання полиці при зміні висоти РЖ

Рис. 4.3.6. Плавне зменшення поперечного перерізу набору

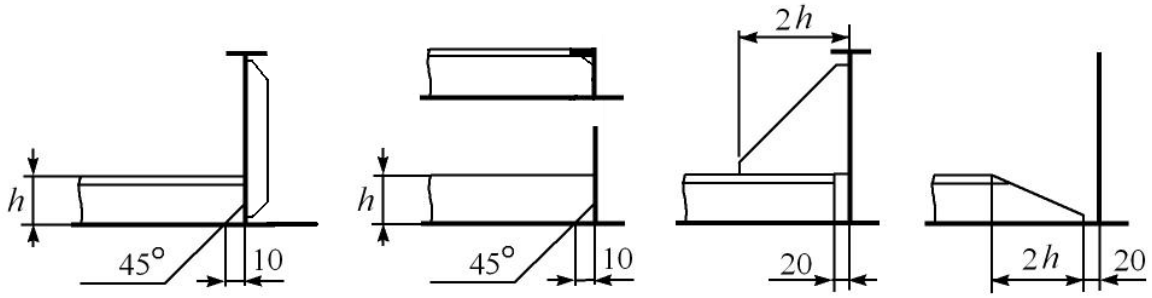
4.3.7 В одному поперечному перерізі корпусу може одночасно закінчуватися не більше ⅓ поздовжніх ребер жорсткості, а також не більше двох поздовжніх рамних в'язей по днищу або по палубі судна. Перерізи, в яких перериваються поздовжні в'язі, повинні відстояти один від одного по довжині не менше ніж на дві шпації. Перехід від поздовжньої системи набору до поперечної має бути поступовим на протязі не менше трьох шпацій.

4.3.8 Не дозволяється закінчувати поздовжні в'язі в перерізах корпусу з великими вирізами та в районах концентрації напружень, наприклад, біля заокруглень кутів прямокутних вирізів, закінчення надбудов та поздовжніх комінгсів. Вони повинні продовжуватися за ці райони не менше ніж на три шпації.

4.3.9 У районах закінчення палуб, платформ, поздовжніх перегородок повинні бути передбачені книці або інші конструкції, що зменшують концентрацію напружень.

4.3.10 Ребра жорсткості в місцях закінчення повинні бути доведені до поперечного їм елемента жорсткості (стінки набору, перегородки) і приварені до них, як показано на рис. 4.3.10 а) чи б).

У сильно навантажених місцях закінчення РЖ повинні підкріплюватися кницями [див. на рис. 4.3.10 в)].



а) з’єднання таврових і фланцевих профілей б) з’єднання щтабових або фланцевих профілейкницею в) закріплення г) закінчення «на вус»

Рис. 4.3.10 Закінчення ребер жорсткості. Розміри дані в мм.

4.3.11 Поздовжній рамний набір (стрингери/кільсони, карлінгси, комінгси вантажних люків) необхідно закінчувати на поперечних перегородках або на поперечному рамному наборі. При цьому як продовження закінчення повинна бути встановлена книця довжиною не менше двох шпацій або яка має конструкцію, як показано на рис. 4.3.11.

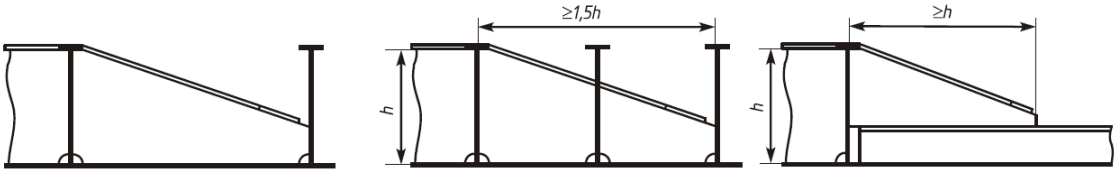


Рис. 4.3.11 Закінчення балок рамного набору

4.3.12 Кінці бортових шпангоутів основного набору при змішаній системі набору повинні бути перев'язані з найближчими поздовжніми ребрами жорсткості палуби та днища, як показано на рис. 4.4.2.3.4.

4.3.13 У процесі проектування слід передбачати конструктивні заходи щодо збільшення міцності та жорсткості тих корпусних конструкцій, які в експлуатаційних умовах піддаються місцевим зосередженим або ударним навантаженням, що не враховуються у розрахунках міцності, наприклад, палуба судна-площадки, місце кріплення крилевих пристроїв суден на підводних крилах.

4.3.14 Конструкція безпалубних суден повинна забезпечити відповідну загальну міцність, наприклад, за допомогою встановлення посиленого планшира по кромках бортів.

4.3.15 Гофрованими можуть бути основні та другорядні конструкції: перегородки, легкі вигородки, стінки та палуби рубок тощо. Міцність гофрованих конструкцій повинна бути не меншою за міцність відповідних плоских конструкцій.

4.3.16 Прокладання трубопроводів, кабелів, рухомих частин системи рульового приводу через водонепроникні перегородки повинне виконуватися за допомогою стаканів із застосуванням сальників або інших з'єднань, конструкція яких забезпечує непроникність перегородок.

4.4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ

4.4.1 Загальні вимоги до конструкції набору

4.4.1.1 Границі відношень розмірів елементів основного та рамного набору корпусу наведено у табл. 3.4.7.2-1. Поясок повинен мати, як правило, товщину на 1 ÷ 2мм більше, ніж стінка.

Увага має бути звернена на забезпечення структурної безперервності та відсутність гострих кутів та різких змін у перерізі та формі, кінці книць та ребер жорсткості не повинні закінчуватися на непідкріплених пластинах обшивки (див. поз.1 на рис. 5.3.3.2.2).

З'єднання балок набору, стінки яких розташовані в одній площині (бімса зі шпангоутом, рамного шпангоуту борту з флором тощо), необхідно виконувати приварюванням: стінок - встик, поясків - встик або тавровим швом.

З'єднання балок набору між собою та з кницями поза зонами підвищеної вібрації може бути допущено внапуск.

4.4.1.2 Районами підвищеної вібрації в цій частині Правил вважаються:

а) кормова кінцева частина судна:

- по довжині - до перерізу, віддаленого в ніс від кормової кромки маточини гребного гвинта на відстань не менше 3-х діаметрів гвинта для одногвинтовихсуден і 4-х діаметрів гвинта для багатогвинтових суден, але не менше ніж до перегородки ахтерпіка;
- по висоті - до найближчої зверху безперервної палуби чи кромки борту;

б) машинне відділення чи моторний відсік:

- по довжині - між перегородками відсіку;
- по висоті - до найближчої зверху безперервної палуби чи кромки борту;

в) місця встановлення неврівноваженого (незбалансованого) технічного обладнання чи механізмів.

4.4.1.3 У сильно навантажених зонах з'єднання повинно посилюватися за допомогою книць, які необхідно встановлювати в площині стінок набору, що з'єднується.

Розміри сторін книць слід визначати так: при з'єднанні елементів основного набору книці повинні перекривати набір на довжині не менше 1,5 висоти меншого профілю, при з'єднанні елементів рамного набору - не менше однієї висоти меншого профілю.

Товщина книць повинна дорівнювати товщині стінки меншого профілю.

Книці та бракети з розміром однієї з сторін, що приварюються 45 товщин і більше, повинні мати по вільній кромці приварений поясок або фланець.

Ширину фланця необхідно приймати в межах 8 ÷15 товщини, ширину привареного пояска – в межах 15 ÷ 30 товщини книці при збільшенні товщини самого пояска на 1 ÷ 2мм порівняно зі стінкою.

4.4.1.4 Рамний набір у місцях перетину з перегородками необхідно кріпити до обох боків перегородки кницями, встановленими в площині стінки рамного стояка перегородки.

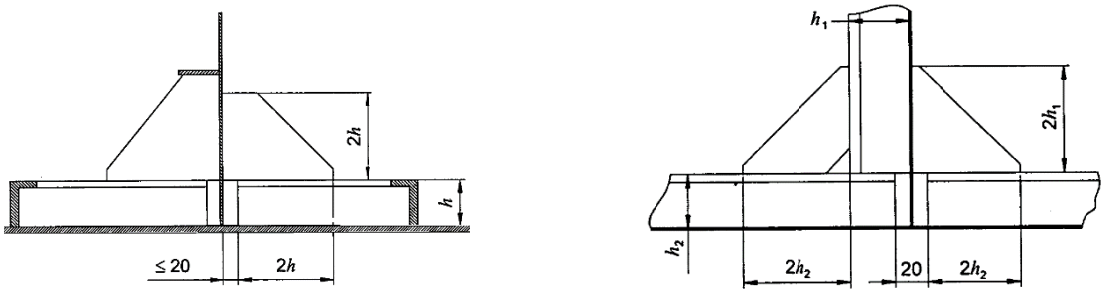
4.4.1.5 У вузлі перетину трьох взаємно перпендикулярних конструкцій (наприклад, палуби, поздовжньої та поперечної перегородок) повинні бути встановлені книці або ребра жорсткості для виключення «гострих кутів» та рознесення зусиль, що виникають у точці перетину (див. 2 на рис. 5.3.3.5).

4.4.1.6 Для утворення голубників біля поперечного рамного набору поздовжні ребра жорсткості днища та палуби допускається не доводити до його стінок.

Відстань між торцем РЖ і стінкою рамного набору не повинна перевищувати 10 товщин обшивки днища або 20мм, зважаючи на те, що менше (див. рис. 4.3.10 в).

4.4.1.7 При необхідності розрізання РЖ на поперечних елементах жорсткості повинні встановлюватися книці (див. рис. 4.4.1.7).

Щоб уникнути жорстких точок кінці РЖ не повинні доходити до стінки поперечного елемента жорсткості, а на самій стінці повинно бути поставлене горизонтальне підкріплююче РЖ, як показано на рис. 4.4.1.7 а).

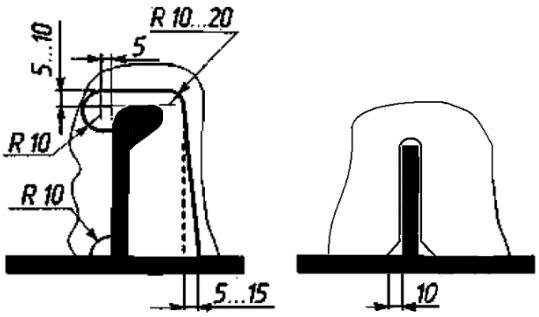


а) Стінка без вертикальних РЖ б) Стінка з вертикальними РЖ

Рис. 4.4.1.7 З'єднання розрізних РЖ за допомогою книць. Розміри дані в мм.

4.4.1.8 При проході безперервного ребра жорсткості через виріз у рамному наборі стінку ребра жорсткості слід приварювати до кромки вирізу безпосередньо (див. рис. 4.4.1.8-1) або через з'єднувальний елемент – кницю, ребро жорсткості (див. рис. 4.4.4.8-2).

Зміщення книці (стінки) від площини основного набору не повинно перевищувати катета зварного шва, збільшеного на 1мм. Допускається виконувати кромку вирізу без нахилу (на рис. 4.4.1.8-1 і рис. 4.4.1.8-2 показана пунктиром).



а) виріз під штабобульб б) Прорізь під штабу

Рис. 4.4.1.8-1 Безкничне з'єднання основного і рамного набору.
Розміри дані в мм.

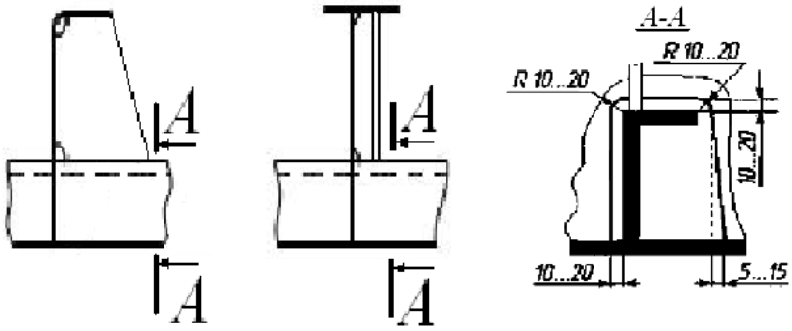


Рис. 4.4.1.8-2 З'єднання основного і рамного набору кницями і РЖ.
Розміри дані в мм.

4.4.1.9 В елементах корпусу, що не сприймають великих змінних навантажень і не піддаються впливу інтенсивної вібрації, зокрема в конструкціях вигородок, платформ, перегородок, що не піддаються тиску вантажу або баласту, надбудов, можуть застосовуватися вузли з'єднання з вільним проходом балок основного набору (див. переріз А-А на рис. 4.4.1.8-2).

4.4.1.10 У разі, коли при перетині з непроникною конструкцією ребро жорсткості не розрізається, для досягнення непроникності слід встановлювати затулки внапуск або встик, як показано на рис. 4.4.1.10.

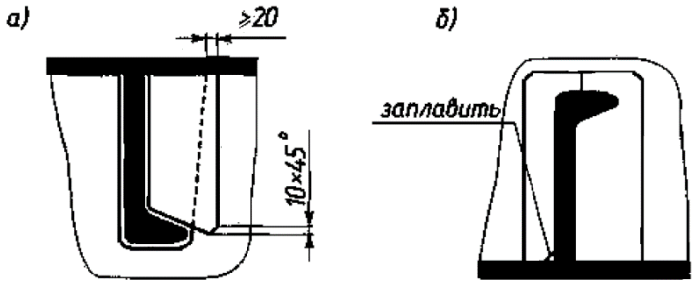


Рис. 4.4.1.10 Затулки у місці проходу безперервного ребра жорсткості через непроникну конструкцію. Розміри дані в мм

4.4.1.11 Вирізи некруглої форми у зовнішній обшивці корпусу судна рекомендується розташовувати більшою стороною вздовж довжини судна.

Прямокутні вирізи повинні мати заокруглення у кутах радіусом не менше 0,12 меншої сторони вирізу.

4.4.1.12 Набір, що переривається вирізом, необхідно закінчувати на поперечному елементі набору і з приваркою до нього [див. Рис. 4.3.10,б) та рис. 4.4.1.12].

Якщо вирізів кілька, їх слід, по можливості, розташовувати на одній осі вздовж довжини судна, не поєднуючи кілька вирізів в одному поперечному перерізі.

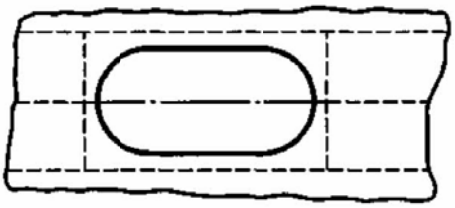


Рис. 4.4.1.12 Підкріплення вирізу поперечними РЖ

4.4.1.13 Виконувати вирізи в стінці набору безпосередньо поблизу опор і книць не дозволяється. Вирізи повинні починатися на відстані щонайменше 50% висоти стінки від кінця книці чи опори.

4.4.1.14 Висота вирізу в рамному наборі для проходу ребер жорсткості основного набору не повинна перевищувати 40% висоти стінки.

Розмір меншої сторони вирізу не повинен перевищувати 50%, а більшої - 75% висоти стінки рамного набору в даному місці.

Відстань від кромок всіх вирізів у рамному наборі до кромок вирізів для проходу РЖ основного набору повинна бути не менше висоти цих ребер жорсткості.

4.4.1.15 У районі підвищеної вібрації та в сильно навантажених місцях ослаблена вирізом стінка рамного набору повинна підкріплюватися РЖ із полоси або профілю, паралельними полиці, або обичайками по кромці вирізу. Товщина полоси або обичайки повинна бути не менше товщини стінки набору, що підкріплюється, а ширина (висота профілю) повинна дорівнювати 10 її товщинам.

Підкріплення рамного набору можуть не встановлюватися, якщо вирізи мають круглу форму, їх діаметр не перевищує 20% висоти стінки та відстань між вирізами або до опор або кінців книць становить не менше двох висот стінки.

4.4.1.16 У стінках балок рамного набору допускаються вирізи для полегшення конструкції, проходу балок тощо.

Сумарна висота вирізів у одному перерізі не повинна перевищувати 0,5 висоти балки. Для рамних бімсів, карлінгсів та рамних балок водонепроникних перегородок ця величина може бути збільшена до 0,6 висоти балки.

Відстань від кромок будь-яких вирізів у балках рамного набору до кромок вирізів для проходу балок основного набору повинна бути не меншою за висоту балок основного набору.

Кромка вирізу не повинна розташовуватися від пояска флора ближче ніж на 0,25 його висоти у цьому місці. Відстань між кромками сусідніх вирізів повинна бути не меншою за висоту балки.

Листи балки за наявності вирізу повинні бути підкріплені вертикальними ребрами жорсткості.

Отвори в стінках рамних балок, за винятком вирізів для проходу балок основного набору, повинні розташовуватися на відстані не менше половини висоти рамної балки від кінця книць, що її закріплюють.

При неможливості виконання цієї вимоги наявність отворів повинна бути компенсована місцевим потовщенням стінки, встановленням закладень тощо.

При необхідності виконати виріз більшого розміру висота стінки повинна бути збільшена (див. рис. 4.4.1.16).

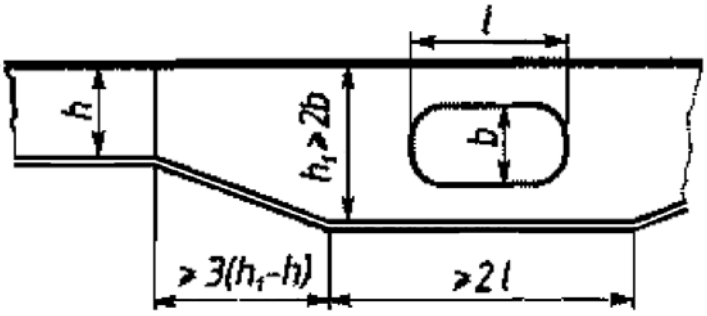


Рис. 4.4.1.16

У всіх випадках площа поперечного перерізу рамної балки (за вирахуванням вирізів) повинна бути не меншою за площу, яка вимагається у відповідних розділах цієї частини Правил.

Вимоги до вирізів у флорах, днищових стрингерах та вертикальному кілі в конструкціях з подвійним дном – див. **4.4.1.21**.

4.4.1.17 Усі вирізи в поздовжніх в'язях корпусу судна рекомендується розташовувати більшою стороною вздовж судна.

4.4.1.18 Вирізи (якщо їх декілька) у зовнішній обшивці та перегородках слід розташовувати так, щоб вони не викликали значного ослаблення поперечного перерізу корпусу.

Поздовжні в'язі набору, що перерізаються вирізами, повинні бути скомпенсовані відповідним чином.

4.4.1.19 Висота вирізу для голубників в наборі не повинна перевищувати 0,2 висоти стінки балки і не більше 90мм, а їх довжина не більше 15 товщин обшивки або настилу, що примикає до набору, і не більше 100мм.

Відстань між сусідніми голубниками повинна бути не менше 20 товщин обшивки або настилу та не менше 200мм.

4.4.1.20 У бракетах допускаються круглі непідкріплені вирізи діаметром, що не перевищує 0,3 меншої сторони бракети.

4.4.1.21Вирізи у конструкціях з подвійним дном.

Вирізи і лази повинні відповідати наступним вимогам:

.1 для доступу до усіх частин подвійного дна повинна бути передбачена необхідна кількість вирізів (лазів) у настилі подвійногодна, стрингерах і флорах. Розміри всіх вирізів (у тому числі і для полегшення) повинні відповідати вимогам стандартів або інших нормативних документів, визнаних Регістром. В наборі повинні бути передбачені отвори, що забезпечують вільний доступ повітря до повітряних труб та перетік рідини, а також для проходу зварних швів;

.2 вирізи у вертикальному кілі, стрингерах і флорах повинні мати плавну заокруглену форму. Найменші допустимі висоти панелі, що прилягають до обшивки днища або до настилу подвійного дна, наведені в табл. 4.4.1.21.2.

Мінімальна висота панелі в районі вирізу, крім того, не повинна бути менше ⅛ довжини вирізу. Зазначені у табл. 4.4.1.21.2 висоти панелі можуть бути зменшені за умови відповідного їх підкріплення;

Таблиця 4.4.1.21.2

В'язь	**Найменша допустима висота панелі (у частках висоти стінки)**
Вертикальний кіль	0,3
Днищеві стрингери	0,25
Полегшені стрингери	0,15
Суцільні флори	0,25
Полегшені флори	0,2

.3 відстань між кромками суміжних вирізів у вертикальному кілі, днищових стрингерах і суцільних флорах повинна бути не менше половини довжини більшого з вирізів.

Відстань кромок вирізів у флорах від поздовжніх перегородок, вертикального кіля, днищових стрингерів, похилого міждонного листа і внутрішніх кромок бортових скулових цистерн не повинна бути менша ніж половина висоти вертикального кіля в даному районі.

Відстань кромки вирізу в полегшеному флорі від стрингера повинна бути не менше за ¼ висоти вертикального кіля.

У виняткових випадках може бути допущений відступ від цих вимог;

.4 у стінці полегшеного стрингера між суміжними флорами і в стінці полегшеного флора між суміжними стрингерами дозволяється робити один або декілька послідовних вирізів.

В останньому випадку між вирізами повинні встановлюватися вертикальні ребра жорсткості.

Довжина одного вирізу не повинна перевищувати 1,2 прийнятої висоти вертикального кіля і 0,7 відстані між флорами (стрингерами) або між флором (стрингером) і вертикальним ребром жорсткості (див. рис. 4.4.1.21.4), в залежності від того, що менше.

Відстань між кромками вирізів у полегшених стрингерах і флорах не повинна бути менше ніж половина висоти вертикального кіля в даному районі;

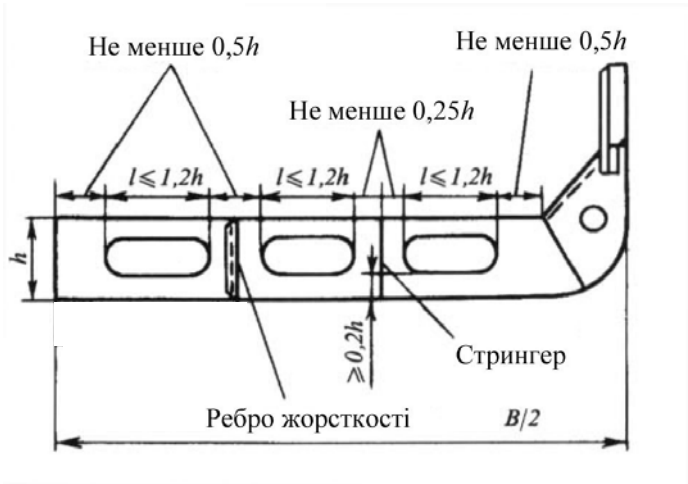


Рис. 4.4.1.21.4

.5 вирізи, як правило, не допускаються:

у вертикальному кілі на відстані за довжиною 0,75*L* від носового перпендикуляра;

у вертикальному кілі і стрингерах (полегшених стрингерах) під пілерсами і на ділянках, що прилягають до поперечних перегородок (між перегородкоюі крайнім флором при поперечнійсистемі набору; на відстані, рівній висоті подвійного дна, при поздовжній системі набору);

у флорах під пілерсами і біля поздовжніх напівперегородок;

у флорах в районі закінчення книць, що підкріплюють у поперечному напрямку фундаменти під головні механізми.

У виняткових випадках вирізи в зазначених районах можуть бути допущені за умови належного підкріплення стінок поблизу вирізів.

4.4.2 Конструкція в’язей корпусу

4.4.2.1 Днищевий набір

.1Днищевий набір повинен мати голубники для перетікання води.

.2 Поздовжню систему набору днища допускається застосовувати у всіх відсіках, за винятком форпіка моторних суден.

.3 Необхідність встановлення днищевих стрингерів, у т.ч. вертикального кіля, визначається розрахунками міцності згідно з **2.4** та **3.4**. Встановлення поздовжнього рамного набору є обов'язковим при довжині судна $L_H > 15$м.

.4 Розміри вертикального кіля та днищевих стрингерів (за наявності) повинні бути не менше розмірів флорів у місці перетину з ними.

.5 Конструкцію відсіків суден з подвійним дном необхідно виконувати відповідно до вимог частини II «Корпус» Правил класифікації та побудови суден внутрішнього плавання.

Вимоги до вирізів в конструкціях з подвійним дном див. **4.4.1.21**.

4.4.2.2 Бортовий набір

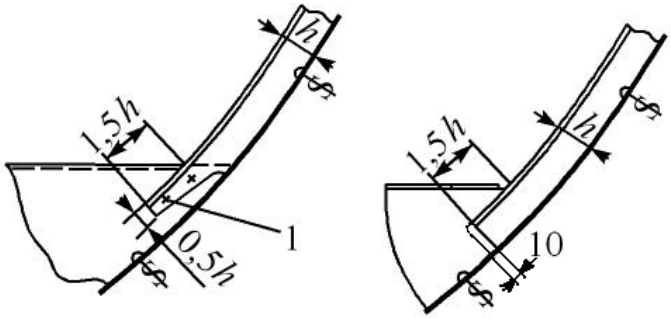
.1 При поздовжній системі набору борту крім поздовжніх ребер жорсткості повинні бути встановлені рамні шпангоути борту.

.2 Для рамного шпангоуту борту рекомендується застосовувати зварний тавровий профіль. Допускається заміна поясків рамних шпангоутів відігнутими фланцями або застосування кутового профілю.

.3 З'єднання бортового шпангоуту основного набору з флором рекомендується виконувати встик [див. Рис. 4.4.2.2.3 б)].

При використанні флора з фланцем допускається з'єднання внапуск з обварюванням кутовим швом по всьому контуру з двох сторін.

Допускається також посилення з'єднання внапуск механічним кріпленням [див. Рис. 4.4.2.2.3 а)].



а) внапуск б) встик

Позначення: 1 – болтове з’єднання

Рис. 4.4.2.2.3 З’єднання бортового шпангоута основного набору з флором.
Розміри дані в мм.

.4 З'єднання рамного шпангоуту борту з флором без застосування книці повинно виконуватись відповідно до рис. 3.5.4.1 а).

При прямобортній формі корпусу та плоскому днищі з'єднання без книці виконується, як показано на рис. 4.4.2.2.4.

У сильно навантажених місцях з'єднання повинно підкріплюватися кницею, по типу вказаної на рис. 4.4.2.3.6 б).

У слабо навантажених місцях допускається застосування фланцованого набору зі з'єднанням внапуск, як показано на рис. 4.4.2.2.3 а).

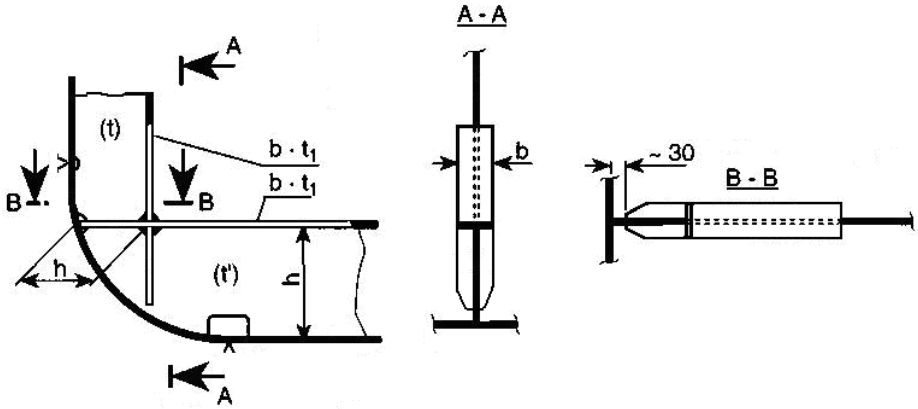


Рис. 4.4.2.2.4. З'єднання рамного шпангоуту борту з флором без книці

.5 При змішаній системі набору по кінцях бортових шпангоутів основного набору повинні бути встановлені бімсові і скулові книці, як показано на рис. 4.4.2.2.5 та 4.4.2.3.4.

Скулова книця повинна перекривати заокруглення скули і доходити до крайнього до скули поздовжнього РЖ днища. Розмір сторони акулової книці повинен дорівнювати висоті флора, а товщина *t* - товщині стінки флора.

Шпангоут повинен перекривати кницю на довжині, рівній полуторній висоті його профілю.

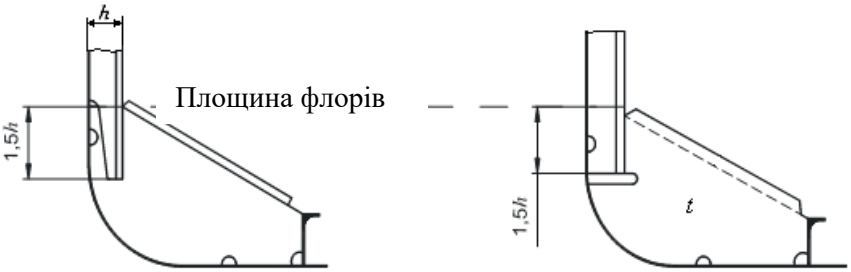
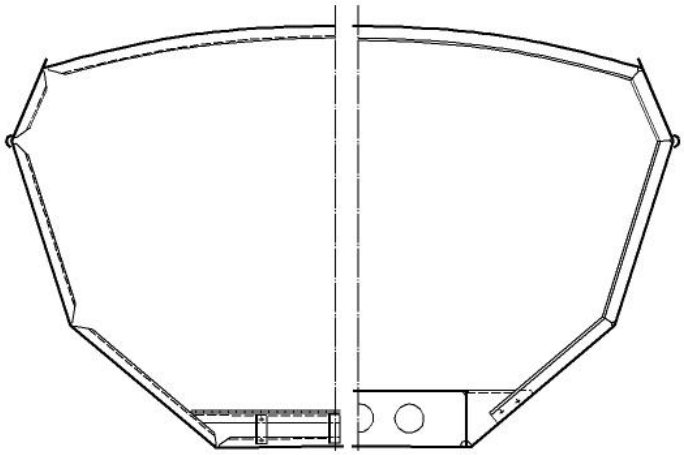


Рис. 4.4.2.2.5. Скулові книці

.6 При складних обводах корпусу та поєднанні поздовжніх звичайних елементів жорсткості корпусу з поперечним бортовим набором конструкція набору та його з'єднань може бути значно полегшена за рахунок високої жорсткості звичайних елементів. На рис. 4.4.2.2.6 показаний приклад поєднання зламів скул зовнішньої обшивки з основним та рамним поперечним набором борту.



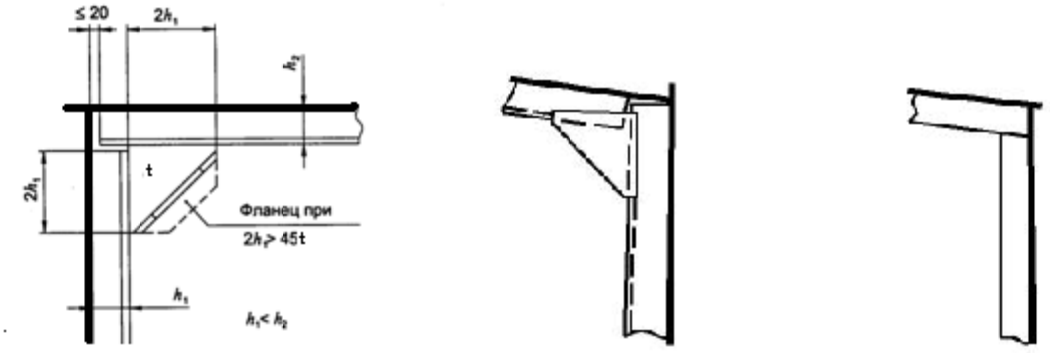
а) поперечний переріз по основному набору б) поперечний переріз по рамному набору

Рис. 4.4.2.2.6 Поєднання жорстких зламів скул зовнішньої обшивки з бортовим набором

4.4.2.3 Палубний набір

.1 Рамні бімси повинні мати таку саму конструкцію, як і рамні шпангоути борту, до яких вони приєднуються.

.2 З'єднання бімсів та бортових шпангоутів основного набору повинно здійснюватися, як показано на рис. 4.4.2.3.2.



а) книця встановлюється встик б) книця встановлюється внапуск в) безкничне з'єднання

Рис.4.4.2.3.2 З'єднання бортових шпангоутів та бімсів основного набору. Розміри дані в мм.

.3 Необхідність встановлення карлінгсів визначається розрахунками міцності згідно з **2.4** і **3.4**. Встановлення поздовжнього рамного набору є обов'язковою при довжині судна $L_H > 15$м.

.4 При змішаній системі набору найближче до борту підпалубне РЖ повинне з'єднуватися з бортовими шпангоутами напівбімсом або бімсовою кницею, як показано на рис. 4.4.2.3.4.

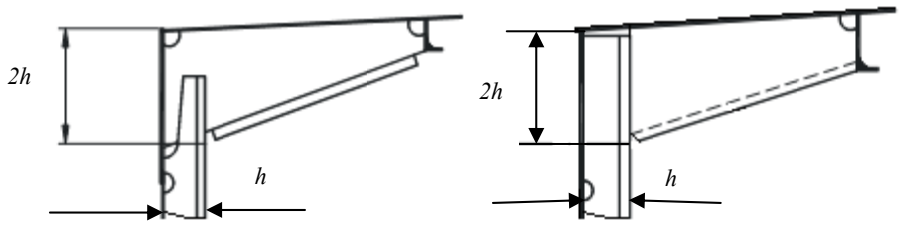


Рис. 4.4.2.3.4 Встановлення бімсових книць

.5 Рамні бімси повинні встановлюватись у площині поперечних комінгсів вантажних люків, шахти машинного відділення та інших великих палубних вирізів, якщо в місці закінчення вирізу не встановлено рівноцінне палубне підкріплення.

.6 З'єднання рамного бімса з рамним шпангоутом повинно виконуватися, як показано на рис. 4.4.2.3.6. У навантажених зонах з'єднання повинне бути підкріпленекницею розмірами згідно з **4.4.1.3**.

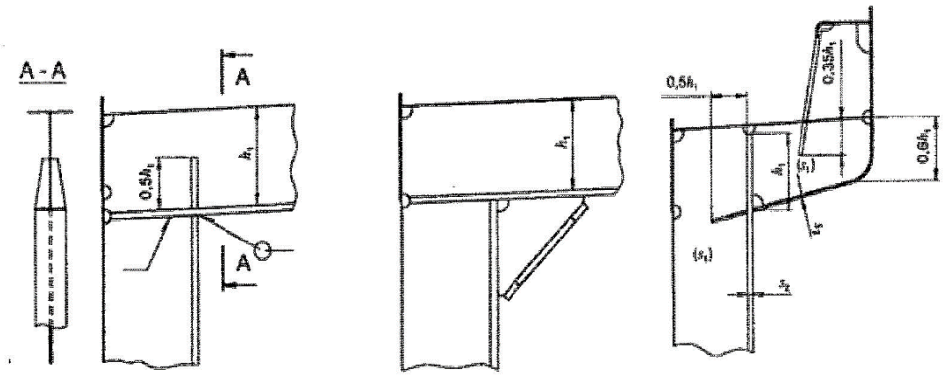


Рис.4.4.2.3.6 З'єднання рамного бімса з рамним шпангоутом

.7 У випадку встановлення карлінгсів вони повинні бути протягнені до кінцевих частин судна настільки, наскільки це практично можливо.

.8 Ширина вирізу в палубі не повинна перевищувати 0,5 ширини судна $B_Н$ в даному місці. Допускається збільшувати виріз до $0{,}85B_Н$ при здійсненні спеціальних заходів (збільшення жорсткості поперечного набору, зменшення довжини вирізів тощо).

.9 При ширині вирізу люків більшій ніж $0{,}5B_Н$ і при відсутності плавного сполучення з поперечним комінгсом, поздовжні комінгси люків повинні закінчуватися кницями довжиною не менше двох висот комінгсу.

Плавне сполучення поздовжнього комінгсу з поперечним допускається виконувати встановленням в площині палуби горизонтальної книці з вільним пояском.

.10 Не допускається розміщення стикових швів і вирізів у настилі палуби біля кутів вантажних люків на відстані ближче, ніж 1,25 радіуса заокруглення кута люка.

.11 Стінка комінгса у площині рамних бімсів повинна бути підкріплена вертикальними стояками, ребрами жорсткості або кницями. Висота стінки стояка (сторона книці) по палубі повинна становити не менше половини висоти комінгса над палубою або рамного бімса, дивлячись по тому, що менше. Стінка стояка, РЖ або книціповинні бути приварені до штаби або профілю, які утворюють верхній поясок комінгсу.

Якщо відношення висоти стінки комінгса до її товщини перевищує 40, то стінка комінгса повинна бути також підкріплена горизонтальними РЖ при поздовжній системі набору палуби або вертикальними РЖ на кожному шпангоуті при поперечній системі набору палуби.

4.4.2.4 Перегородки

.1 Кількість і розташування міцних непроникних поперечних перегородок необхідно визначати в залежності від довжини, типу та призначення судна.

На суднах, де непотоплюваність забезпечується поділом на відсіки, кількість та розташування непроникних поперечних перегородок та напівперегородок повинні бути обґрунтовані відповідними розрахунками непотоплюваності згідно з **3.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

.2 Розташування форпікової перегородки визначається згідно з вимогами **3.2.4** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

.3 Товщина нижнього поясу обшивки усіх перегородок, що доходять до днища вантажного судна, повинна бути на 1,0мм більше, ніж верхнього. Ширина цього поясу повинна бути на 100мм вище за верхню кромку набора днища.

.4 При складних обводах корпусу судна довжиною $L_Н$ < 15м стояки основного набору поперечних перегородок можуть не співпадати з площиною поздовжніх РЖ палуби і зовнішньої обшивки та мати закінчення на вус (див. рис. 4.4.2.4.4).

На форпіковій перегородці стояки основного набору слід встановлювати на відстані не більше 0,4м одна від одної.

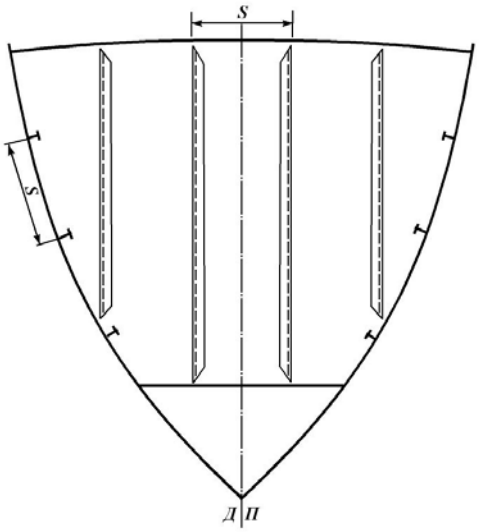


Рис. 4.4.2.4.4 Приклад конструкції перегородки судна із складними обводами корпусу

.5 У навантажених зонах, наприклад у машинному відділенні, стояки перегородок необхідно встановлювати в одній площині з поздовжніми РЖ і з'єднувати за допомогою книць.

При поперечній системі набору палуби та днища з'єднання кінців стояків перегородок з РЖ днищового та палубного набору за допомогою книць виконується згідно до рис. 4.4.2.3.4.

При поздовжній системі набору палуби та днища розрізні РЖ повинні підкріплюватися кницями, як показано на рис. 4.4.1.7 б).

.6 За наявності бортового стрингера в його площині на перегородці повинен бути встановлений шельф з розмірами, аналогічними стрингеру. У сильно навантажених місцях з'єднання повинно бути підкріплене кницею.

.7 Непроникні перегородки можуть бути плоскими або гофрованими.

.8 Непроникні гофровані перегородкиповинні з вертикальним напрямком гофр. Їх форма та розміри визначаються у **3.4.8.3**. Для інших перегородок конструкція гофр може бути вільною.

.9 Під кінцями книць РЖ, що примикають до гофрованих перегородок, повинні бути передбачені поперечні ребра, що йдуть до найближчих граней гофрів, шельфи або інші конструкції, які забезпечують розподіл зосередженого навантаження від кутів книць (див. рис. 4.4.2.4.9).

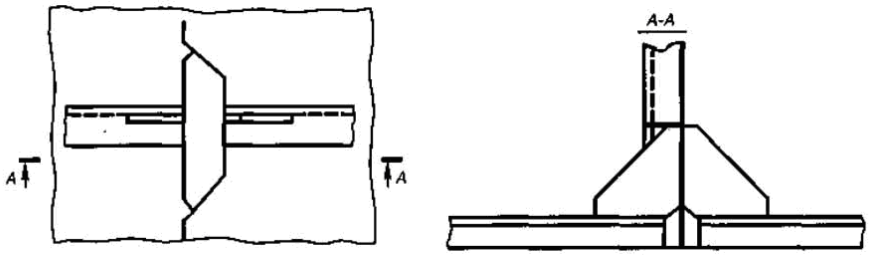


Рис. 4.4.2.4.9 Вузол з'єднання поздовжнього набору з гофрованою перегородкою.

.10 Конструкцію гофрованих перегородок необхідно виконувати з дотриманням наступних вказівок:

• гофровані поперечні перегородки корпусу встановлюють на суцільні непроникні флори або безпосередньо на днищеву обшивку;

• осьові лінії вертикальних гофрів поперечної перегородки повинні бути поєднані з площиною стінокднищевих стрингерів, що примикають до перегородки;

• карлінгси, днищеві стрингери і поздовжні ребра жорсткості палуби та днища повинні кріпитися до гофрів кницями,як указано в підпункті **.9**;

.11 При необхідності встановлення на гофрованій перегородці шельфу, згідно з вимогами підпункту **.6**, для його конструкції рекомендується застосовувати двутавровий профіль або швелер, як показано на рис. 4.4.2.4.11;

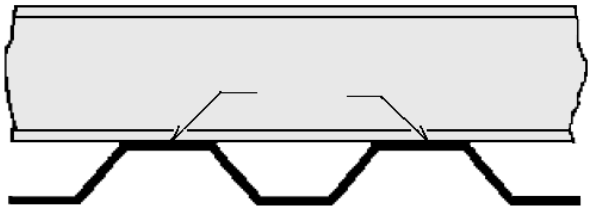


Рис. 4.4.2.4.11 Конструкція гофрованої перегородки з шельфом

.12 Перегородки з горизонтально розташованими гофрами повинні бути підкріплені рамними стояками, які встановлені в площині рамних шпангоутів або стрингерів і карлінгсів.

4.4.2.5 Цистерни

.1 У цій частині Правил розглядаються стаціонарні цистерни для різних рідких вантажів, які можуть бути:

• вкладними, вимоги до яких викладені у **4.10** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи та трубопроводи» цих Правил; або

• вбудованими, тобто, що є частиною конструкції корпусу судна, вимоги до яких викладені нижче.

.2 Вбудовані цистерни для речовин, які можуть забруднювати навколишнє середовище, повинні бути сконструйовані таким чином, щоб мінімізувати ризик витоку або розливу рідини.

Допускається влаштування цистерн у відсіках подвійного дна висотою менше 800мм. При цьому повинен бути забезпечений доступ для огляду та ремонту до всіх поверхонь усередині цистерн.

.3 Набір усередині цистерн повинен приварюватися до обшивки перегородок двостороннім безперервним швом. Допускається застосування гребінчастого набору.

.4 Для перетікання рідини та вентиляції у стінках набору всередині цистерн повинні передбачатися голубники, які можуть використовуватися для гребінчастого набору (див. рис. 4.4.2.5.4). Висота вирізу для голубників не повинна перевищувати ¼ висоти стінки або 90мм. Довжина голубників *l* приймається рівною 15 товщинам обшивки, яка примикає, але не більше 100мм або висоти стінки набору. Голубники повинні відстояти від поперечних елементів жорсткості на довжину *l*.

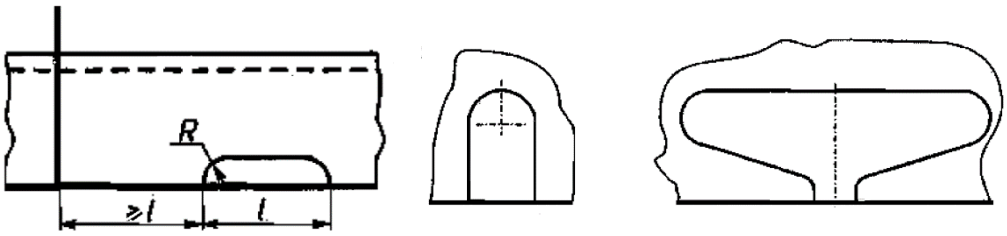


Рис. 4.4.2.5.4 Види голубників у наборі

4.4.2.6 Пілерси і розкосні ферми

.1 Пілерси слід розміщати на всіх тих місцях, де великі одиничні навантаження не можуть сприйматися перегородками або підпалубним набором.

Розташовані під палубою пілерси повинні встановлюватися по можливості безпосередньо під вище встановленими опорами. Якщо таке розташування неможливе, то між верхнім і нижнім пілерсами слід передбачити досить міцний рамний бімс або карлінгс. Сама нижня опора повинна знаходитися в площині флора. Якщо опора розташована між флорами, то між обома сусідніми флорами слід поставити проміжну балку. При великому тиску на пілерс під опорою слід розмістити міцну поздовжню балку, за допомогою якої тиск опори буде розподілено по декількох флорах.

.2 Рекомендується встановлювати пілерси біля вузлів перетинання флорів із днищевими стрингерами і карлінгсів з бімсами.

З'єднання піллерса з підтримуючим набором виконується, як правило, без книць.

Кінці пілерсів, що підтримують вантажні палуби, повинні кріпитися до днищевого і підпалубного набору чотирма кницями; кінці пілерсів, що підтримують інші палуби, допускається кріпити тільки двома кницями. Висота книць повинна бути не менше подвійної висоти профілю або діаметру пілерсів. Див. рис. 4.4.2.6.2 зліва.

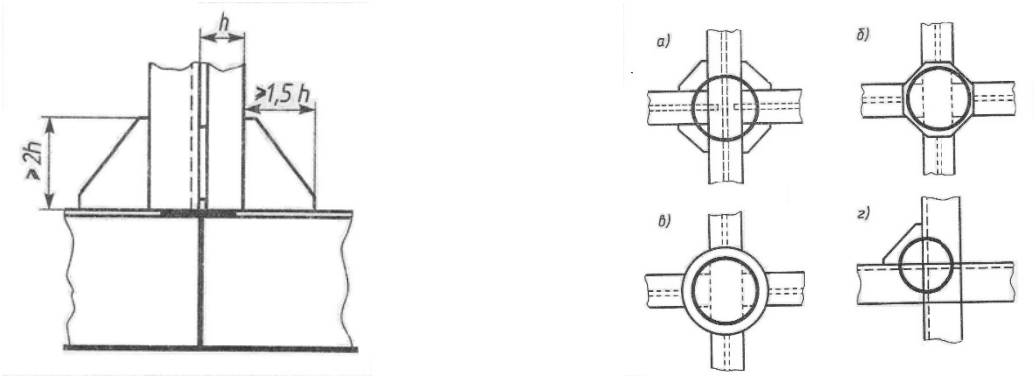


Рис. 4.4.2.6.2. Вузол кріплення стопи піллерса на перетині рамного набору

.3 При відфланцьованому наборі вісь пілерса повинна збігатися з вертикальними стінками набору. Трубчасті пілерси, встановлені на відфланцьований набір, повинні опиратися на горизонтальну кницю, як показано на рис. 4.4.2.6.2 г).

.4 Біля стінок стрингерів і флорів вирізи під пілерсами не допускаються. При встановленні пілерса не в вузлі перетину стрингера з флором, під ним по стінках стрингерів або флорів повинні бути встановлені книці, згідно з рис.4.4.2.6.4.

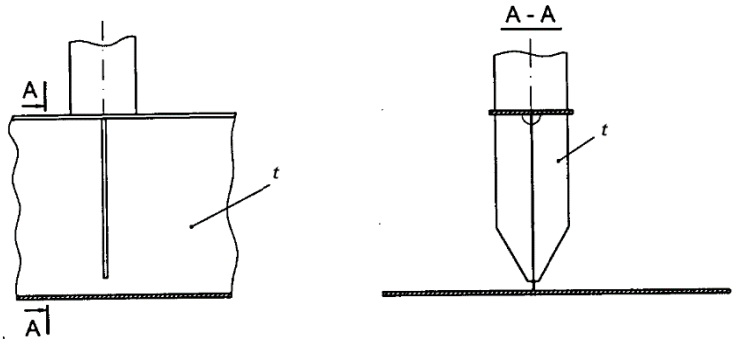


Рис.4.4.2.6.4. Вузол кріплення стопи пілерса поза перетином набору

.5 Допускається встановлення пілерса у вузлі перетину набору різної висоти з підкріпленням двома кницями розмірами, показаними на рис. 4.4.2.6.5.

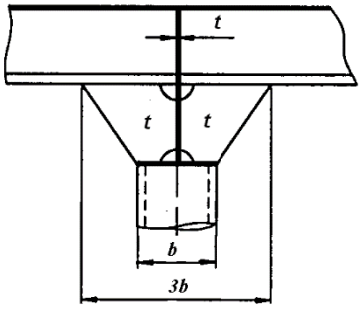


Рис.4.4.2.6.5. Підкріплення стопи пілерса на перетині набору різної висоти

.6 Пілерси квадратного або прямокутного перерізу, складені з кутника, рекомендується зварювати по всій довжині. На пілерсі хрестоподібного перерізу для забезпечення спільної роботи кутників слід встановлювати з’єднувальні планки, розміри яких показано на рис. 4.4.2.6.6.

Товщина планки повинна становити не менше 80% товщини полиці кутника. Відстань між планками не повинна перевищувати 1м.

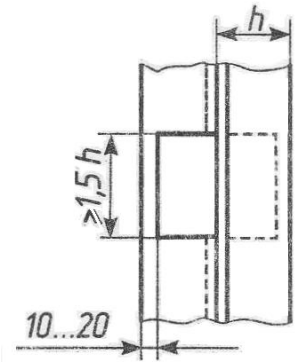


Рис.4.4.2.6.6. Хрестоподібний пілерс із планкою.
Розмір дано у мм

.7 Розкісні ферми допускається встановлюватися замість конструктивних перегородок, що не є непроникними, наприклад, на вантажних та стоянкових суднах.

.8 Конструкції розкісних ферм повинні бути утворені відповідно флорами і бімсами або стрингерами і карлінгсами, зв'язаними пілерсами і розкосами, повинні встановлюватися в поперечному напрямку при поздовжній системі набору корпусу й у поздовжньому напрямку при поперечній системі набору.

.9 По кінцях розкосу й у вузлах перетинання розкосів повинні бути встановлені книці або бракети. Розміри книць чи бракет приймають такими, щоб на них можна було закріпити кінець розкосу на довжині, що дорівнює полуторній висоті профілю. Товщина книць (бракет) повинна бути не менше товщини стінки відповідного пояска ферми. Інші розміри див. рис. 4.4.2.6.9.

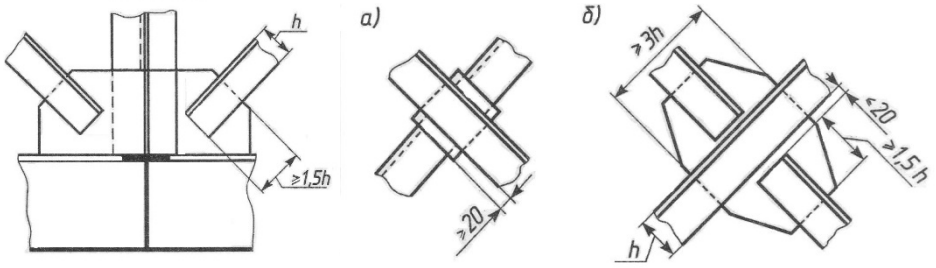


Рис.4.4.2.6.9. Книці та бракети кріплення розкосів. Розміри дані в мм

.10 У розкосах зі складених профілів повинні встановлюватися з'єднувальні планки відповідно до вимог підпункту **.6**.

4.4.2.7 Набір корпусу в машинному відділенні

.1 Флори слід встановлювати на кожному шпангоуті при поперечній системі набору днища. Відстань між флорами при поздовжній системі набору днища не повинна перевищувати трьох шпацій.

Набір машинного відділення повинен мати належну конструктивну перев'язку із набором відсіків, що прилягають до машинного відділення.

.2 Висота флорів під механізмами –висота h_F на рис. 4.4.2.7.2 повинна бути максимально можливою, а довжина l_F (див. рис. 4.4.2.7.2) повинна бути по можливості найменшою і момент опору поперечного перерізу флора в цьому місці W повинен складати не менше 75% моменту опору повного поперечного перерізу флора. Менше значення моменту опору поперечного перерізу флора в цьому місці W допускається при встановленні проміжних бракет між флорами в межах балок фундаменту.

Зломи вільного пояска флору повинні мати заокруглення або місце злому повинне підкріплюватися кницями, встановленими по кутах злому вільного пояска (див. поз «К» на рис. 4.4.2.7.2).

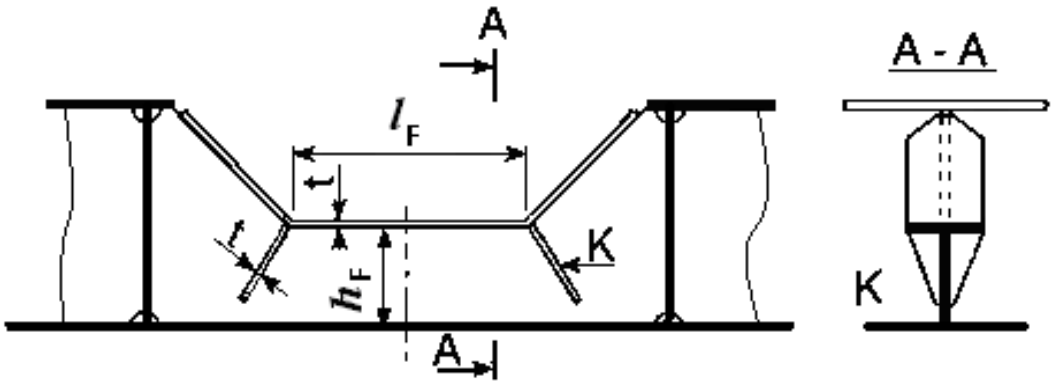


Рис. 4.4.2.7.2 Флори під стаціонарним двигуном

.3 Замінювати флори та днищеві стрингери з вільними поясками на флори та днищеві стрингери з відігнутими фланцями допускається лише за погодженням з Регістром за умови надання необхідних обгрунтувань, підтверджених розрахунками.

.4 У фундаментів під головні двигуни одна з поздовжніх балок повинна бути суміщена з одним із днищових стрингерів. У разі неможливості суміщення, в площині поздовжніх фундаментних балок повинні бути встановлені додаткові днищові стрингери по всій довжині машинного відділення (від перегородки до перегородки), перев'язані з вертикальними рамними стояками поперечних перегородок.

Днищеві стрингери машинного відділення повинні мати розміри не менше розмірів флорів.

4.4.2.8 Набір в кінцевих частинах судна

.1 Система набору борту в кінцевих частинах судна повинна бути поперечною.

Розміри набору повинні бути не менше необхідних для набору в середній частині корпусу судна.

.2 При поперечній системі набору відстань між флорами/рамними шпангоутами борту не повинна перевищувати двох шпацій.

.3 Флори повинні бути виведені над гребним валом або над дейдвудною трубою на висоту не менше половини діаметра отвору в стінці флора.

Альтернативно може застосовуватися конструкція, що показана на рис. 4.4.2.8.3. Поперечні в’язі, що з’єднують шпангоути вище осі гребного валу або дейдвудної труби, можуть бути виготовлені зі швелера або відфланцьованого листа. Товщина стінки поперечної в’язі повинна дорівнювати товщині стінки флора.

На суднах з повними кормовими обводами рекомендується встановлювати шпангоути, розташовані перпендикулярно до зовнішньої обшивки.

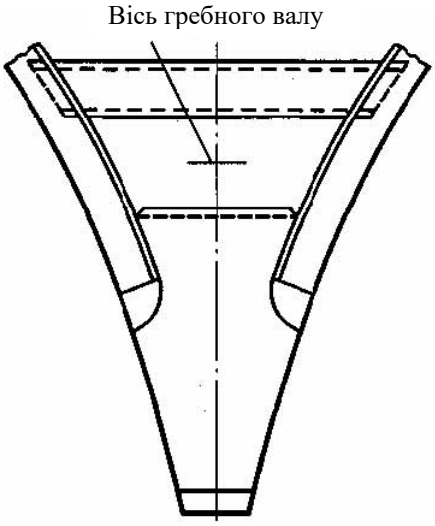


Рис. 4.4.2.8.3 Конструкція флора у місці проходу гребного валу або дейдвудної труби

4.4.2.9 Штевні, кілі

.1 Рекомендується застосовувати брусковий або листовий форштевень зварної конструкції.

Розміри поперечного перерізу форштевня повинні забезпечувати момент опору, W_{For}, включаючи комбінацію плоского та брускового кілів, не менше, см^3:

$$W_{For} = 9{,}1 m_{LDC} \times L_H /(100\ \sigma_{uf}), \qquad (4.4.2.9.1)$$

де: σ_{uf} - границя міцності при згині, Н/мм^2.

При розрахунку фактичного моменту опору поперечного перерізу кіля розмір приєднаного пояска визначається відповідно до **3.4.6**.

.2 При виготовленні форштевня з декількох листів, то стик їх не повинен перебувати в районі конструктивної ватерлінії.

Верхній кінець форштевня повинен бути доведений до палуби надводного борту або верхньої кромки борту.

Перехід форштевня в кіль або зовнішню обшивку днища повинен бути принаймні на відстані 0,3м до корми від початку підйому поздовжнього профілю форштевня.

При висоті борту в носовій частині судна більше 1м форштевні з обшивкою, що примикає до них, повинні бути підкріплені брештуками, встановленими на відстані не більше 500мм. Їх положення необхідно погоджувати з положенням бортових стрингерів та інших поздовжніх елементів жорсткості носової кінцевої частини. Товщина брештуків не повинна бути меншою за товщину прилеглих листів зовнішньої обшивки. Брештуки рекомендується доводити до шпангоутів.

.3 Міцність старнпоста з гнутого листа повинна бути такою, щоб момент опору його поперечного перерізу щодо поздовжньої осі був не менше 1,5-кратного відповідного значення моменту опору брускового ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу.

.4 Розрахункова висота поперечного перерізу складеногоахтерштевняh' повинна прийматися не більше 1,7h (див. рис. 4.4.2.9.4).

Товщина листів повинна становити щонайменше 25% товщини брускового ахтерштевня.

Момент опору поперечного перерізу ахтерштевня відлитої конструкції повинна бути не меншою ніж для брускового ахтерштевню суцільного прямокутного перерізу.

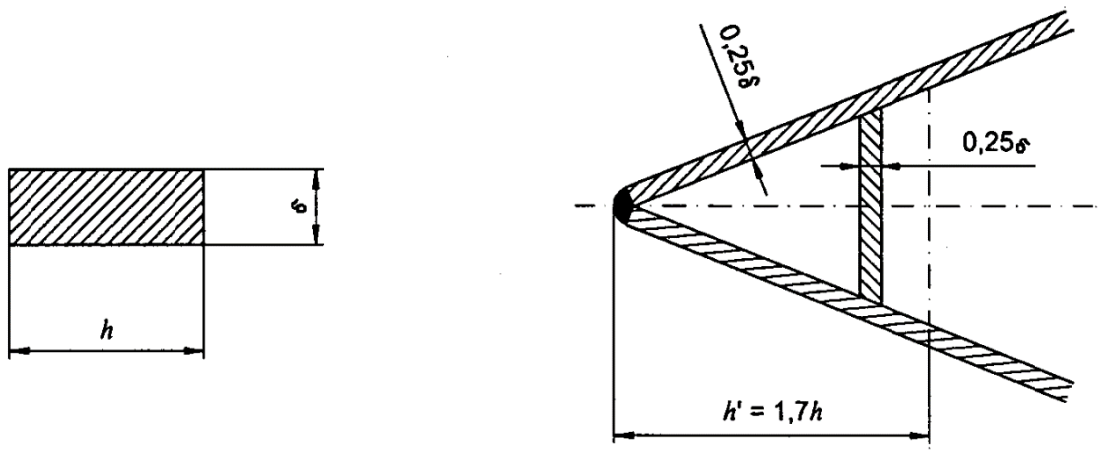


Рис. 4.4.2.9.4 Брусковий і зварний форштевень

.5 Старнпост повинен бути прикріплений до поперечної напівперегородки, що доходить до найближчої палуби, або до рамного флору, з'єднаного з рамним бімсом за допомогою пілерсів.

Товщина листів напівперегородок або флора повинна становити не менше 20% товщини листів ахтерштевня. Ширина горизонтального фланця по верхній кромці флора повинна прийматися рівній 10-кратній товщині листа. Напівперегородка може мати полегшуючі вирізи, що служать лазами в просторі ахтерпіка.

.6 Товщина стінки яблука старнпоста (в розсвердленому стані) повинна становити не менше 60% товщини старнпоста або 35% від діаметра гребного валу, дивлячись по тому, що більше.

.7 Рудерпост повинен мати такі ж розміри поперечного перерізу, як і старнпост.

.8 Перехід від п'ятки до ахтерштевняповинен бути плавним.

Якщо п'ятка не служить опорою стерна, а призначена тільки для захисту гребного гвинта, то вона може мати розміри брускового ахтерштевня.

Для з'єднання ахтерштевня з горизонтальним кілем нижня частина ахтерштевня повинна бути протягнена до носу від старнпоста не менше ніж на дві шпації при збереженні поперечного перерізу ахтерштевня.

.9 Посилення кіля

Конструкціякіля повинна бути відповідним чином посилена, щоб витримувати навантаження під час швартування та/або буксирування.

Ця умова вважається виконаною, якщо дотримані вимоги до товщини плоского кіля та/або моменту опору поперечного перерізу кіля, наведених у таблиці 4.4.2.9.9 нижче.

Товщина листа плоского кіля повинна бути не меншою, ніжзазначена в таблиці 4.4.2.9.9.

Якщо кіль виконаний у вигляді профілю, момент опору поперечного перерізу повинен бути не меншим, ніж зазначений у табл. 4.4.2.9.9.

При розрахунку моменту опору поперечного перерізу для кільового профілю ширина листа, прилеглого до профілю (ширина приєднаного пояска), що визначається згідно табл. 3.4.6.1, див. також рис. 3.4.6.1 в), може бути включена з обох сторін.

***Таблиця 4.4.2.9.9*. Товщина обшивки та момент опору поперечного перерізу кіля.**

Конструктивный элемент	Требования
Плоский кіль (не має профілю в перерізі), $b = 10L_H$, мм	t_K=1,5t_{MIN} (днище), див. **3.3.6.2**
Момент опору поперечного перерізу кіля, см^3	$W_K = 0{,}85 \cdot m_N \cdot L_H/1000$

Примітка. У наведеній вище таблиці m_N, кг – це маса судна порожнем.

.10 Додаткові вимоги

Для суден необмеженого **М**, обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережних **1, 2** і **3** районів плавання з довжиною корпусу більше 8м допускається застосовувати вимоги до конструкцій штевнів та кілів згідно **Додатку М** до цієї частини Правил.

4.4.2.10 Надбудови та рубки

.1 Поперечний набір надбудов повинен бути встановлений в одній площині з поперечним набором основного корпусу.

Поздовжні стінки надбудови, суміщені з бортами, які враховуються в розрахунку загальної міцності згідно з **9.2**, повинні бути продовжені за кінцеві перегородки надбудов та плавно сполучені з палубою. Якщо площини поздовжніх стінок надбудови (рубки), розміщеної на суцільній палубі, не суміщені з площинами бортів, вони повинні опиратися на поздовжні підпалубні РЖ, встановлені в площині цих стінок.

.2 Конструкція набору та його з'єднань повинна задовольняти застосовним вимогам **4.4.2.2 ÷ 4.4.2.4.**

.3 Вирізи для ілюмінаторів та вікон повинні бути підкріплені згідно з **4.4.1.12**.

4.4.2.11 Фальшборт

.1 Для захисту від заливання відкриті частини палуб рекомендується захищати фальшбортом відповідно до вимог 7**.3** частини III «Пристрої, обладнання ізабезпечення» цих Правил.

.2 Товщина листа фальшборту повинна становити не менше ніж 2мм.

.3 Фальшборт повинен бути підкріплений стояками, відстань між якими не повинна перевищувати 3 шпації.

.4 Розміри стояка біля палуби повинні дорівнювати розмірам рамного шпангоуту борту, вільна кромка стояка повинна бути підкріплена фланцем або пояском.

.5 Верхня кромка фальшборту повинна мати планшир зіштабової, листової або профільної сталі товщиною, як правило, не менше ніж на 1мм більше товщини листів фальшборту.

.6 У районі бортових клюзів та проходів до трапів повинні бути встановлені додаткові РЖ, а товщина листів фальшборту збільшена на 1мм у порівнянні з іншими листами.

.7 Вимоги до розмірів та розташування шпігатів наведено у **7.3.4** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

4.4.2.12 Конструкція транця

4.4.2.12.1 Конструкція транця повинна сприймати згинальний момент та зусилля тяги підвісних двигунів або поворотно-відкидних колонок та передавати їх на конструкції корпусу, не створюючи надмірних напружень.

Обшивка транця повинна підкріплюватися кницею або будь-яким іншим способом для передавання навантаження від двигуна і стояків на конструкції корпусу. Приклади типових конструкцій транцю наведено на рис. 5.4.1.8. Необхідно, щоб конструкція транця задовольняла вимогам виробника підвісного двигуна або поворотно-відкидної колонки.

4.4.2.12.2 Розрахунок навантажень, що діють на транець судна, викликаних підвісними двигунами або поворотно-відкидними колонками, наведений у **Додатку N** цієї частини Правил.

4.5 МЕТАЛЕВИЙ КОРПУС КАТАМАРАНІВ

4.5.1 Загальні положення

4.5.1.1 Якщо інше не зазначено у цьому підрозділі, вимоги **4.3 ÷ 4.4** поширюються на металевий корпус катамарану.

4.5.1.2 У цьому підрозділі розглядається з'єднання корпусів катамарану між собою одним із наступних способів:

а) міцною надбудовою або рубкою, довжина яких не менше за половину довжини корпусу судна L_H, і у яких встановлені не менше 3 міцних поперечних перегородки (в носовій, середній і кормовій частинах надбудови або рубки);

б) мостом, що є системою поперечних балок з одностороннім або двостороннімпідшиванням. Короткі надбудови в кінцевих частинах довжиною не більше 0,15L при розрахунку міцності слід розглядати як частину моста.

4.5.1.3В палубах корпусів катамарана, що з'єднуються за допомогою мосту, не допускаються вирізи шириною більше половини ширини одного корпусу та довжиною більше половини довжини відсіку.

4.5.2 Конструкція корпусів катамарану

4.5.2.1 Загальні вимоги

Товщина обшивки корпусів повинна бути не меншою за мінімальну товщину для однокорпусного судна таких же розмірів.

Міст повинен мати поперечну систему набору. Бімси рамного та основного набору моста повинні встановлюватись у площині відповідного набору корпусів.

4.5.2.2 З'єднання корпусів надбудовою [варіант 4.5.1.2 а)]

.1 У корпусах катамарану в площині перегородок надбудови повинні бути встановлені поперечні перегородки.

Якщо за умовами планування приміщень ця вимога нездійсненна, замість перегородок допускаються посилені рамні шпангоути бортів з висотою стінки, що в півтора рази перевищує висоту флора. У вузлах з'єднання посилених рамних шпангоутів бортів із рамними бімсами слід ставити посилені в 1,5 рази книці.

.2 Товщина, конструкція та розміри елементів перегородок надбудови, що забезпечують поперечну міцність катамарану, повинні призначатися згідно з **3.4.8.3** та **4.4.2.4**. При цьому на ділянці між ДП корпусів слід встановлювати горизонтальні ребра жорсткості, а у вертикальній площині, що продовжує обшивку внутрішнього борту корпусів - рамні стояки (за відсутності в цих площинах поздовжніх перегородок).

У перегородках надбудови, що забезпечують загальну поперечну міцність, неприпустимі вирізи, ширина яких перевищує 0,5 висоти перегородки, а наявні вирізи слід підкріплювати комінгсами або обичайками. Дверні вирізи в перегородках повинні відстояти від рамних стояків, розташованих у площинах внутрішніх бортів, і від зовнішніх поздовжніх стінок надбудови не менше ніж на половину висоти вирізу.

4.5.2.3 З'єднання корпусів мостом із міцною зашивкою [варіант 4.5.1.2 б)]

.1 При з'єднанні корпусів катамарана мостом із міцною зашивкою конструкція моста повинна бути виконана у вигляді подвійного дна. Настил, що обмежує міст зверху, повинен бути продовженням палуби надводного борту корпусів. Висота моста повинна становити не менше 600мм і всередину повинен забезпечуватись доступ для огляду та ремонту. До конструкції такого мосту застосовуються вимоги до подвійного дна, викладені в частині II «Корпус» Правил класифікації та побудови суден внутрішнього плавання.

.2 Висота рамного бімса корпусів біля внутрішнього борту повинна дорівнювати висоті рамного бімса закритого моста. Висота рамного бімса повинна зменшуватися плавно, як мінімум на довжині від внутрішнього борту до найближчого карлінгсу корпусу. Площа поперечного перерізу пояска бімса на цій ділянці повинна бути збільшена в 1,5 рази. На рівні нижнього підшивання мосту на внутрішньому борту корпусів слід встановлювати бортовий стрингер (див. Рис. 4.5.2.3.2-1) або посилені книці зі стороною $b_1 \geq ⅓$ А, де А – відстань між рамними бімсами (див. Рис. 4.5.2.3.2-2).

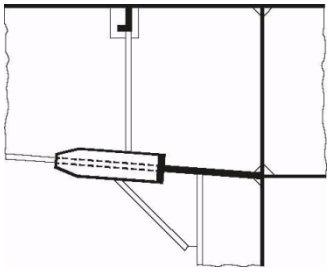


Рис. 4.5.2.3.2 -1

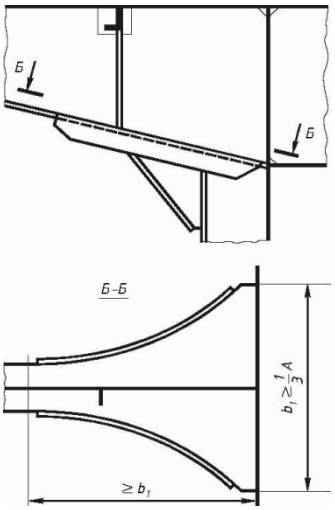


Рис. 4.5.2.3.2-2

4.5.2.4 З'єднання корпусів мостом без зашивки [варіант 4.5.1.2 б)]

.1 Розміри рамних бімсів відкритого зверху або знизу моста (у тому числі моста з легкою нижньою зашивкою, що не бере участі в забезпеченні міцності мосту та загальної міцності судна, та моста зі знімною верхньою палубою) повинні бути не менше розмірів рамних бімсів корпусів.

.2 У місці примикання рамного бімса відкритого знизу моста до внутрішнього борту повинні встановлюватися вертикальні книці, що відповідають вимогам **4.4.1**, та горизонтальні книці згідно з рис. 4.5.2.4.2.

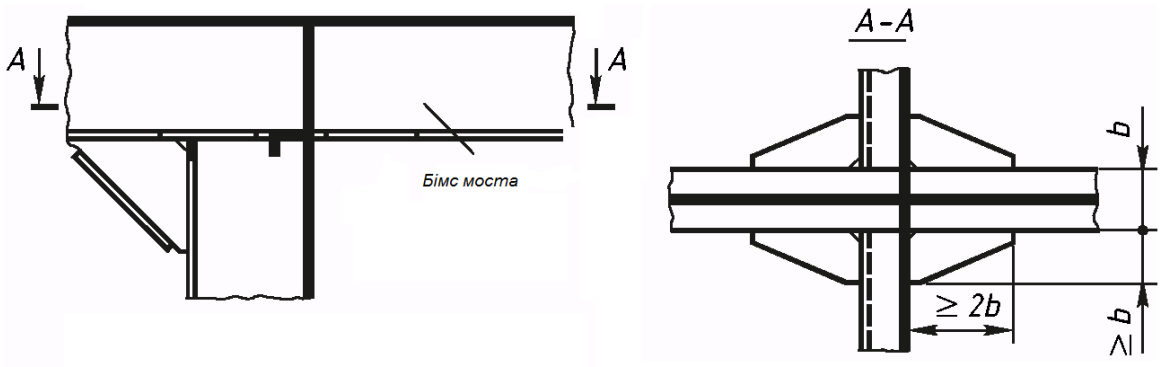


Рис. 4.5.2.4.2 З’єднання відкритого знизу моста з корпусами

.3 Вільний поясок рамного бімса відкритого зверху моста повинен з'єднуватися з палубою за допомогою горизонтальних книць згідно з рис. 4.5.2.4.3.

Такі ж книці слід ставити у вузлі з'єднання пояска рамного бімса корпусу з внутрішнім бортом на рівні зашивання мосту. Замість книць можна використовувати бракети, що заокруглюються (фестони), відповідних розмірів.

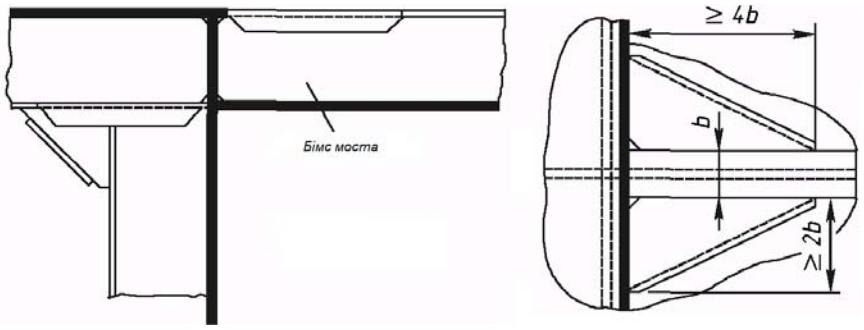


Рис. 4.5.2.4.3 З’єднання відкритого зверху моста з корпусами

.4 При поперечній системі набору в закритому мосту і у відкритому зверху мосту зі знімною палубою між рамними бімсами повинні бути встановлені бракетні бімси, що складаються з верхніх і нижніх основних балок, з’єднаних бракетами біля карлінгсів і внутрішніх бортів.

.5 Ширина бракет повинна бути не менше 0,3 висоти закритого моста або відстані від підшивання до знімної палуби, товщина – не менше товщини стінки рамного бімса; при відношенні ширини бракети до товщини, що перевищує 35, вільні кромки бракет повинні мати пояски або фланці.

.6 В прогоні між бракетами верхні і нижні балки основного набору можна з’єднувати за допомогою розпірок. У відкритому зверху мосту при відстані між карлінгсами або карлінгсом і внутрішнім бортом, що перевищує 1,5м, встановлення розпірок є обов'язковим.

Площа поперечного перерізу розпірки повинна бути не менша за площу поперечного перерізу меншої з балок, що з’єднуються.

.7 Розміри балок основного набору підшивання мосту повинні бути не менше прийнятих для шпангоутів основного набору або ребер жорсткості внутрішнього борту.

.8 При встановленні розпірок значення моментів опору поперечних перерізів верхньої і нижньої балок бракетного бімса можуть бути зменшені на 40%.

.9 При поздовжній системі набору внутрішнього борту і палуби корпусу між поздовжнім ребром палуби і обшивкою борту в площині бракети бракетного бімса мосту повинна встановлюватися книця, що доходить до верхнього ребра борту.

.10 Бімс основного набору палуби відкритого знизу мосту повинен з'єднуватися з внутрішнім бортом кницею.

4.5.2.5 Інші варіанти з’єднання корпусів

.1 У випадку, якщо поперечна міцність катамарана забезпечується окремими посиленими балками (при неоднорідній конструкції мосту), ці балки повинні суміщатися з поперечними перегородками корпусів. При неможливості виконати цю вимогу замість перегородок допускається встановлювати посилені рами.

Стінки посиленої балки повинні встановлюватися в одній площині з рамними шпангоутами корпусів.

.2 Перев'язування посиленої балки з корпусом повинно здійснюватися або шляхом продовження балки всередину корпусу на ділянці, не меншій 0,25 ширини корпусу, або шляхом встановлення в корпусі на рівні нижнього пояска балки фестонів. В місцях з'єднання пояска балки з внутрішнім бортом повинні встановлюватися горизонтальні книці.

4.6 З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВОГО КОРПУСУ

4.6.1 Загальні положення

4.6.1.1 Деталі і заготовки суднових конструкцій з'єднують між собою за допомогою зварювання, клепання, а також можуть використовуватися клеєзварні і клеєклепані з'єднання.

4.6.1.2 Клепання застосовують тільки у випадку з'єднання деталей з легких сплавів з іншими матеріалами та при виготовленні тонкостінних конструкцій з легких сплавів, де не допускається зварювання або у яких виникають великі зварювальні деформації.

4.6.1.3 Клеєклепані з'єднання рекомендуються для конструкцій, які виготовляються із клеєзварних заготовок (панелей), а також конструкцій, що схильні до вібрації (див. **4.4.1.2**).

4.6.2 Зварні з'єднання

4.6.2.1 Для з'єднання деталей корпусу застосовується електродугове, газове, контактне, лазерне або плазмово-дугове зварювання.

4.6.2.2 Вимоги щодо проектування зварних швів та проведення зварювальних робіт металевих корпусів суден містяться у **Додатку F** цієї частини Правил.

Загальні відомості щодо матеріалів для зварювання та інші вимоги до проведення зварювальних робіт, що не суперечать **Додатку F** цієї частини Правил, наводяться у частині XIV «Зварювання» Правил класифікації та побудови морських суден.

4.6.3 Клепані з'єднання

4.6.3.1 Клепані з'єднання деталей з легких сплавів поділяють:

• за видом деталей, що з'єднуються (з'єднання листів, профілів, профілів з листами, листів і профілів з поковками і відлитими деталями);

• за призначенням шва: міцні, щільні і щільно - міцні. До міцних швів виставляються вимоги міцності без забезпечення водонепроникності або герметичності, до щільних швів виставляються вимоги міцності по забезпеченню водонепроникності, до щільно – міцних швів виставляються вимоги до міцності і водонепроникності (міцний водонепроникний шов);

• за розташуванням заклепок – однорядні, багаторядні, шахові або ланцюгові;

• за видами з'єднання – внапуск, стикові з односторонньою планкою, стикові із двосторонньою планкою;

• за типом закладних голівок заклепок – згідно з рис. 4.6.3.1.

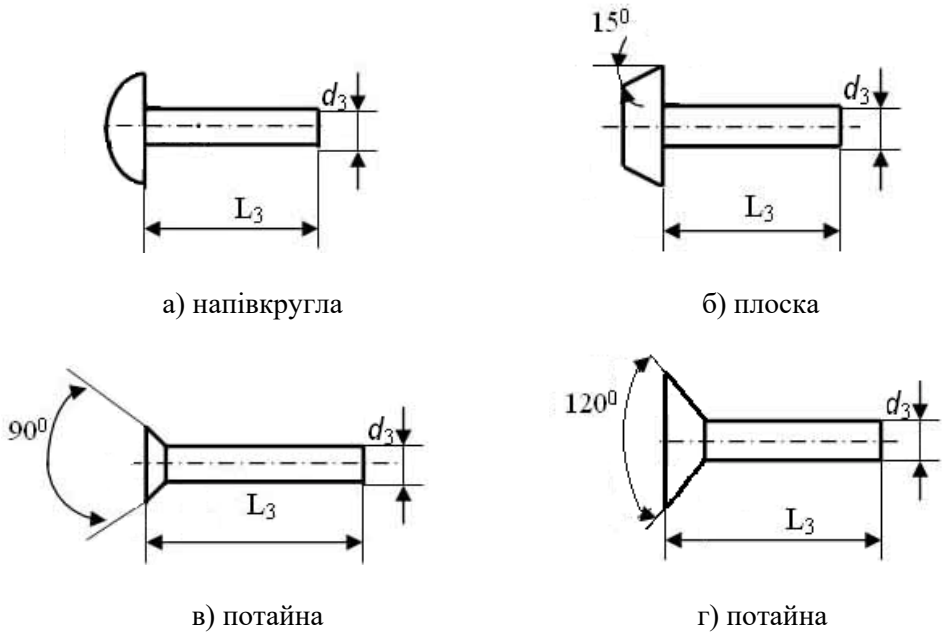
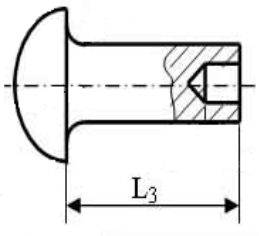
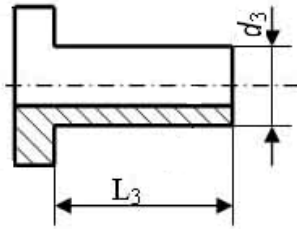


Рис. 4.6.3.1 Типи закладних голівок заклепок



д) плоско – випукла

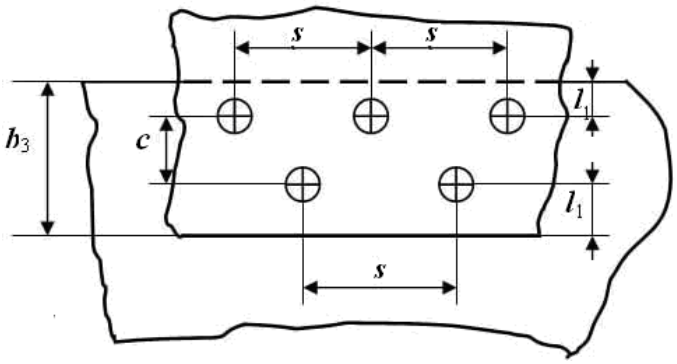


е) трубчаста

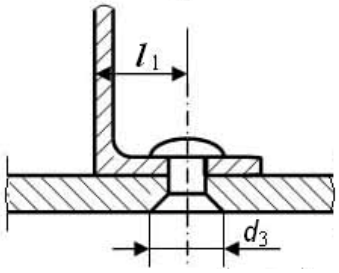
Закінчення рис. 4.6.3.1 Типи закладних голівок заклепок

4.6.3.2 Застосовуються такі позначення розмірів клепаного з'єднання (див. рис. 4.6.3.2):

діаметр заклепок - d_3, кількість рядів - n_3, відстань між рядами заклепок - c, крок заклепок (відстань між осьовими лініями заклепок в одному ряду) - s, відстань осі заклепок від будь-якого краю листа або кутового профілю - l_1, ширина перекриття – $b_3 = c + 2l_1$.



а) з’єднання деталей внапуск



б) з’єднання профілю з листом

Рис. 4.6.3.2

4.6.3.3 Розміри заклепкового з'єднання визначаються виходячи з розрахункової товщини деталей, що з'єднуються:

при з'єднанні листів за розрахункову приймають, як правило, товщину більш тонкого листа, а при з'єднанні листа з профілем – середнє арифметичне від товщин деталей, що з'єднуються.

Мінімальна ширина перекривання листів, що з’єднуються клепанням b_3:
для однорядних швів - $4d_3$;
для дворядних швів - $6d_3$;
для трирядних швів - $8d_3$.
Клепання повинне виконуватися холодними заклепками.

4.6.3.4 Параметри клепаних з’єднань призначають у залежності від номінального діаметра заклепки d_3 до її розклепування. Діаметр заклепок для суднових конструкцій товщиною до 4мм рекомендується приймати рівним подвоєній товщині деталей, що з'єднуються; для більш товстого матеріалу діаметр поступово змінюється від величини, яка дорівнює двом товщин деталі, до однієї її товщини. При цьому загальна товщина декількох клепаних листів або деталей не повинна перевищувати $4d_3$.

4.6.3.5 Діаметр заклепок для з'єднання листів слід вибирати відповідно до табл. 4.6.3.5.

Таблиця 4.6.3.5 **Діаметр заклепок для з'єднання листів**

Розрахункова товщина деталі, мм	Діаметр заклепки, мм	
	Той, що рекомендований	Допустимий
0,5	2	2,6 ÷ 3,0
1,0	2	2,6 ÷ 3,0
1,5	3	2,6 ÷ 4,0
2,0	4	3,0 ÷ 5,0
2,5	5	4,0 ÷ 6,0
3,0	6	5,0 ÷ 8,0
Примітки. **1.** За розрахункову товщину необхідно приймати меншу із товщин деталей, що з'єднуються. **2.** Для з'єднань, що виконуються на планках, товщину останніх в розрахунок не приймається.		

4.6.3.6 Однорядними виконують міцні шви - з'єднання обшивки з набором; дворядними - щільні шви - водонепроникні шви - пази і стики обшивки, перегородок, палуб; трирядні шви використовують лише для газонепроникних з'єднань. У навантажених конструкціях кількість рядів заклепок у міцних швах встановлюється розрахунком і може бути більше двох.

4.6.3.7 Відстань між рядами заклепок обумовлює міцність і щільність клепаного з'єднання; її приймають у залежності від вимог, які виставляються до з'єднання:

для щільно-міцних і щільних $c = 2d_3$, для міцних $c = (2 \div 5)d_3$.

4.6.3.8 Крок заклепок у з'єднаннях елементів корпусу судна призначається в залежності від вимог до клепаного з'єднання.

Так, у щільно-міцних і щільних швах по пазах зовнішньої обшивки $s = (4{,}5 \div 5{,}5)d_3$, у нафто і газонепроникних швах з використанням герметиків $s = (3 \div 4)d_3$.

4.6.3.9 Заклепки розташовують від краю листа або накладної планки на такій відстані, щоб при дії на клепане з'єднання руйнівних навантажень, більш слабким елементом виявилися заклепки, що працюють на зрізання, а не лист, який біля заклепок працює на зминання та виривання країв. Тому відстань заклепки від краю листа або накладної планки повинна становити, як правило, $l_1 = 2d_3$, допускається зменшення до $1{,}5d_3$.

При необхідності розрахунок міцності клепаного з'єднання виконується відповідно до **Додатку Н** (підрозділ Н.6) цієї частини Правил**.**

4.6.3.10 Рекомендовані значення кроку заклепок *s,* відстані між рядами заклепок *c* і кількості рядів наведені в табл. 4.6.3.10.

Таблиця 4.6.3.10 **Параметри і розміри клепаного шва**

Тип шва	Розміри шва		Мінімальна кількість рядів	Розташування заклепок
	Крок заклепок, s	Відстань між рядами заклепок, c		
Міцний	$6 \div 7d_3$	$2 < d_3 < 5$	1 - по набору; 2 - по стикахі пазах	шахове і ланцюгове
Щільно – міцний	$3{,}5 \div 5{,}5d_3$	$2d_3$	2 - по стикахі набору	шахове
Щільний	$3{,}5 \div 5d_3$	$2\ d_3$	2 - по стиках і набору	шахове

4.6.3.11 Розміри планок для з'єднання листів на планках визначаються, як описано нижче:

• ширина односторонньої планки повинна дорівнювати подвійній ширині перекриття b_3, а товщина - меншій з товщин листів, що з'єднуються;

• ширина кожної з планок, що встановлюються з двох сторін, повинна дорівнювати подвійній ширині перекриття b_3, а товщина повинна дорівнювати:

- без зенкування отворів - половині товщини листів, що з'єднуються, округленої у більшу сторону до цілого числа;

- із зенкуванням отворів - половині діаметра заклепок даного з'єднання.

4.6.3.12 Довжину стержня заклепок L_3 (див. рис. 4.6.3.1) діаметром d_3 до 8мм слід вибирати за табл. 4.6.3.12 в залежності від d_3 та сумарної товщини деталей, що з'єднуються t_Σ, включаючи товщину прокладки, якщо вона встановлюється.

Таблиця 4.6.3.12 **Визначення довжини стержня заклепки L_3**

Тип замикаючої головки	Потайна	Напівпотайна	Плоска	Напівкругла
Довжина стержня, мм	$t_\Sigma + 0{,}9d_3$	$t_\Sigma + 1{,}1d_3$	$t_\Sigma + 1{,}2d_3$	$5 + 1{,}3\ d_3$

4.6.3.13 Отвори під заклепки рекомендується виконувати свердлінням. Діаметр отворів під заклепки повинен бути більше ніж діаметр заклепки, як зазначено у табл. 4.6.3.13:

Таблиця 4.6.3.13 **Залежність діаметра отвору під заклепки від d_3**

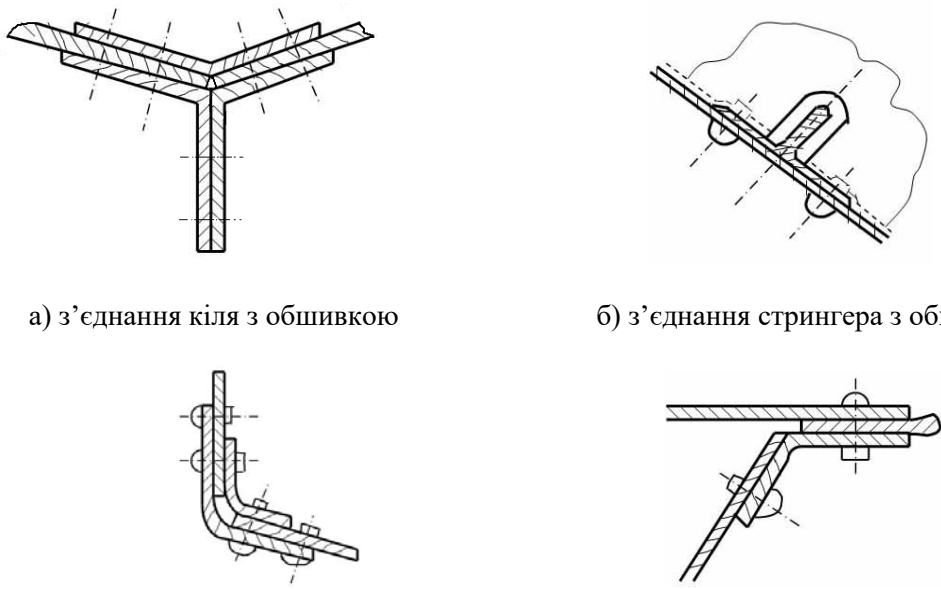
Діаметр заклепки d_3, мм	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
Діаметр отворів ∅отв, мм	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	10,2	13,2	16,25	19,25	22,5

4.6.3.14 Для запобігання контактній корозії матеріал заклепок повинен бути сумісним з матеріалом елементів, що з'єднуються. З'єднання алюмінієвих деталей із сталевими повинні виконуватися на прокладках, а заклепки повинні мати захисне покриття.

4.6.3.15 Деталі клепаних конструкцій суден із термічно зміцнених сплавів повинні бути оксидовані перед збиранням та покриті трьома шарами ґрунту.

4.6.3.16 Усі дефектні заклепки (слабкі з ексцентричними і надтріснутими головками; з головками, що нещільно прилягають до поверхні листа або полки профілю; з невірно розклепаними або маломірними головками тощо) повинні бути замінені.

4.6.3.17 Рекомендовані конструкції клепаних з'єднань показані на рис. 4.6.3.17.



а) з’єднання кіля з обшивкою

б) з’єднання стрингера з обшивкою

в) скулове з’єднання

г) з’єднання палуби з обшивкою борту

Рис. 4.6.3.17 Приклади клепаних з’єднань

4.6.4 Клеєклепані з'єднання

4.6.4.1 Крім зазначеного нижче, матеріали деталей заклепок, типи з'єднань і технологічні вимоги щодо виконання клеєклепаних робіт повинні виконуватися відповідно до вимог, що пред'являються до заклепувальних з’єднань, зазначених у **4.6.3**.

Для забезпечення непроникності клеєклепаного з'єднання допускається застосовувати однорядний шов.

4.6.4.2 Тип заклепок і марки клеїв, які застосовуються, повинні відповідати діючим стандартам.

4.6.4.3 При необхідності параметри клеєклепаних з'єднань, що застосовуються у стиках, пазах і інших конструктивних вузлах, повинні визначатися розрахунком міцності в залежності від діючих зусиль і призначення з’єднання згідно з **Додатком Н** підрозділу Н.6 цієї частини Правил. При розрахунках міцності клейовий прошарок не враховується, тобто. параметри клеєклепаних з'єднань повинні визначатися як для клепаних з'єднань.

4.6.5 Клеєзварні з'єднання

4.6.5.1 Клеєзварні сполуки застосовуються для зниження зварювальних деформацій, наприклад, з метою надання товарного вигляду конструкціям з легких сплавів або для забезпечення непроникності та міцності швів невідповідальних конструкцій.

Клей, що застосовується, повинен мати епоксидну основу або фенольно-каучукову композицію. Матеріал клею має відповідати вимогам до зв’язуючих (зв’язуючих речовин) згідно до частини XII «Матеріали» цих Правил.

4.6.5.2 Герметизація напуску листів, що з'єднуються, клеєм може виконуватися до і після зварювання.

У першому випадку на одну з поверхонь, що з'єднуються тонким шаром наноситься клей.

При точковому зварюванні під дією стискаючого зусилля електродів клей майже повністю видавлюється з контакту деталей, утворюючи пояс, що ущільнює.

У другому випадку шов після зварювання герметизується. Для цього достатньо нанести рідкий клей на край напуску у вигляді невеликого валика. Під дією капілярних сил клей втягується у зазор між деталями та надійно герметизує його.

Проектант та суднобудівельник повинні працювати в тісному контакті з виробником клейових компонентів, засновувати свої рішення на минулому досвіді та/або випробуваннях.

4.6.5.3 У клеєзварних конструкціях застосовується контактне зварювання.

Крок точок і ширина з'єднання внапуск можуть визначатися відповідно до застосовних вимог **4.6.3**. За d_3 приймається діаметр точки контактного зварювання.

4.6.5.4 При необхідності розрахунок міцності клеєзварного з'єднання проводиться згідно з **Додатком Н** цієї частини Правил. При цьому враховується лише міцність клею, тобто, параметри клеєзварного з'єднання повинні прийматися як для клейового.

Для міжвіконних стояків допускається враховувати міцність матеріалу вікон (див. **5.3.6**).

4.7 КОРПУС З ЛЕГКИХ СПЛАВІВ

4.7.1 Загальні положення

4.7.1.1 Якщо не зазначено інше в цьому підрозділі, вимоги **4.3** ÷ **4.6**і **4.8** поширюються на конструкцію корпусу судна з легких сплавів, якими є, як правило, алюмінієві сплави.

4.7.1.2 Товщину зовнішньої обшивки борту слід приймати такою самою, як для днища.

4.7.1.3 Необхідність наявності елементів рамного набору визначається розрахунком згідно з **2.4** та **3.4**. При довжині судна $L_H \geq 15$м встановлення поздовжнього рамного набору є обов'язковим.

4.7.1.4 Стінки профілю при відношенні висоти до товщини, більшій за 40, повинні підкріплюватися ребрами жорсткості або полосами.

4.7.1.5 Для з'єднання конструкцій з різнорідних металів, наприклад, міцного корпусу зі сталі та надбудови з алюмінієвих сплавів, рекомендується застосовувати біметалічні пластини. Як альтернатива може застосовуватися механічне з'єднання (болти, заклепки) з нанесенням антикорозійного покриття на стики, застосуванням ізолюючих прокладок та захисного покриття кріплення.

4.7.2 Зварні конструкції з легких сплавів

4.7.2.1 При проектуванні конструкцій необхідно передбачати заходи, спрямовані на зменшення негативних властивостей алюмінієвих сплавів: у три рази менший, ніж у сталі, модуль нормальної пружності *E*; зниження міцності зварних швів внаслідок термічного впливу HAZ; удвічі більший, ніж у сталі, коефіцієнт лінійного розширення; знижена стійкість до змінних навантажень.

Особлива увага повинна приділятися зниженню концентрації напружень та усунення жорстких точок.

4.7.2.2 Для максимального використання механічних властивостей алюмінієвих сплавів, що забезпечують міцність корпусу, слід прагнути до того, щоб Ейлерові напруження в балках були не нижче границі плинності σ_y, а редукційні коефіцієнти пластин були близькі до одиниці. Рекомендується максимально застосовувати поздовжню систему набору для всіх основних перекриттів корпусу. Граничні значення поздовжньої шпації, в залежності від товщини обшивки, наведені в табл. 4.7.2.2.

Таблиця 4.7.2.2 **Граничні значення поздовжньої шпації**

Товщина, мм	2	3	4	5
Шпація, мм	200	250	300	350

Не рекомендується приймати поперечну шпацію більше 400мм. Рамну шпацію рекомендується приймати від 500мм до 1200мм.

4.7.2.3 Необхідно прагнути мінімізації застосування зварювання. Для цього слід застосовувати переривчасті шви для приварювання набору до обшивки при забезпеченні міцності з'єднання розрахунком розмірів зварного шва згідно з **Додатком F** цієї частини Правил.

Рекомендується також якнайширше застосовувати пресовані панелі і, при товщині до 3мм, гофровані листи. Пресовані профілі можуть використовуватися також для деталей з'єднання, наприклад, книць і бракет.

Застосування панелей та гофрованих листів у зонах зовнішньої обшивки з двоякою кривизною не рекомендується. Замість них може використовуватися поєднання звичайних елементів жорсткості, наприклад, зламів скул, плоских листів зовнішньої обшивки та клеєзварних конструкцій.

4.7.2.4 Використання пресованих панелей слід поєднувати з «вільними» шпангоутами, які встановлюються поверх ребер жорсткості панелі у поперечному напрямку без контакту з обшивкою. На рис.4.7.2.4-1 показана типова конструкція з'єднання вільного шпангоуту з ребрами жорсткості пресованої панелі та перегородкою.

На рис. 4.7.2.4-2 показані інші варіанти вузлів перетину вільного шпангоуту з ребрами жорсткості.

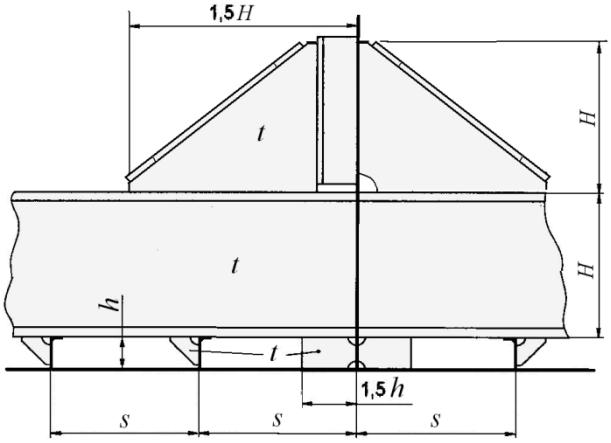


Рис.4.7.2.4-1 Вільний шпангоут і його з’єднання з ребрами жорсткості та перегородкою

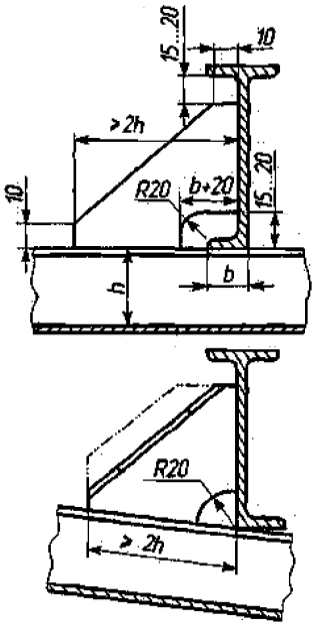


Рис. 4.7.2.4-2 Інші з’єднання вільного шпангоута з ребрами жорсткості

4.7.2.5 У разі встановлення рамного набору, стінки якого приварюються до обшивки, у вузлах його перетину з ребрами жорсткості основного набору рекомендується встановлювати книці. Конфігурація вирізів для проходу ребер жорсткості у стінці рамного набору показана на рис. 4.7.2.5. Допускається безкнічне з'єднання елементів рамного та основного набору з виконанням вимог **4.4.1.8 ÷ 4.4.1.9.**

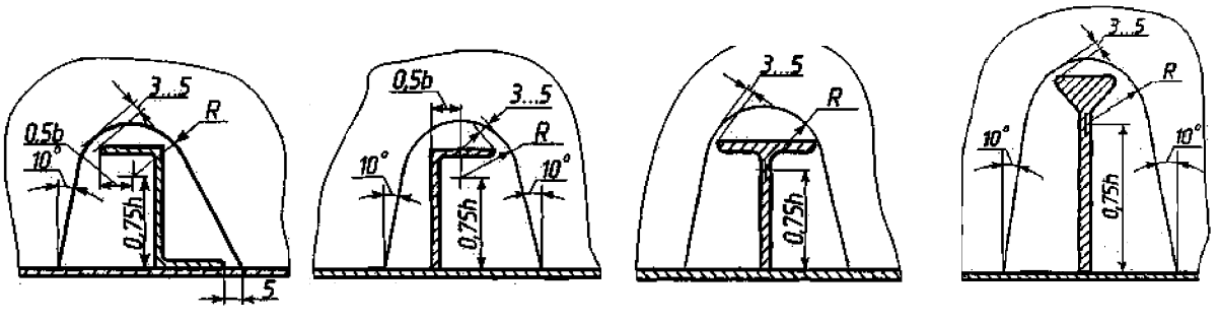


Рис. 4.7.2.5 Конфігурація вирізів у стінці рамного набору для проходу різнотипних ребер жорсткості (книці умовно не показані). Розміри дані в мм.

4.7.2.6 У тих випадках, коли вертикальні ребра жорсткості перегородки не співпадають з балками набору днища або палуби, їх кінці слід закріплювати на горизонтальному ребрі жорсткості, як показано на рис. 4.7.2.6 а) та б), а для пресованих панелей - на рис. 4.7.2.6 в) та г).

Варіанти а) та в) застосовуються для сильно навантажених конструкцій.

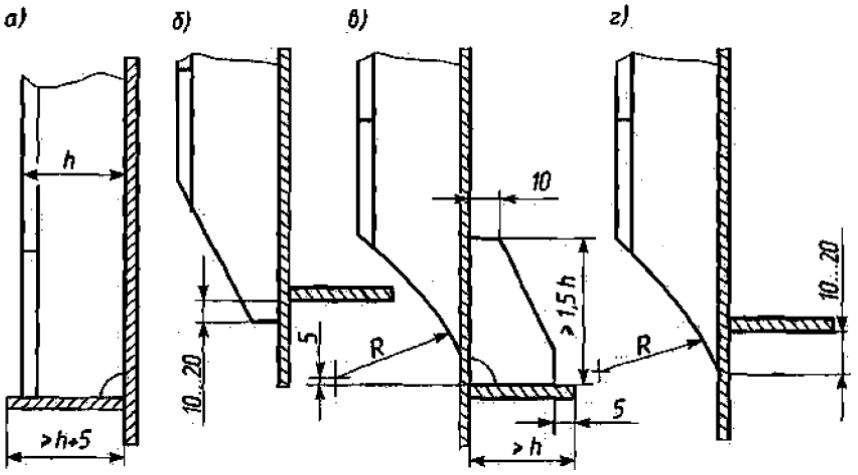


Рис. 4.7.2.6 Вузли закінчення ребер жорсткості перегородок. Розміри дані в мм.

4.7.2.7 При необхідності зрізання «на вус» ребер жорсткості пресованих панелей, закінчення повинні виконуватися, як показано на рис. 4.7.2.7.

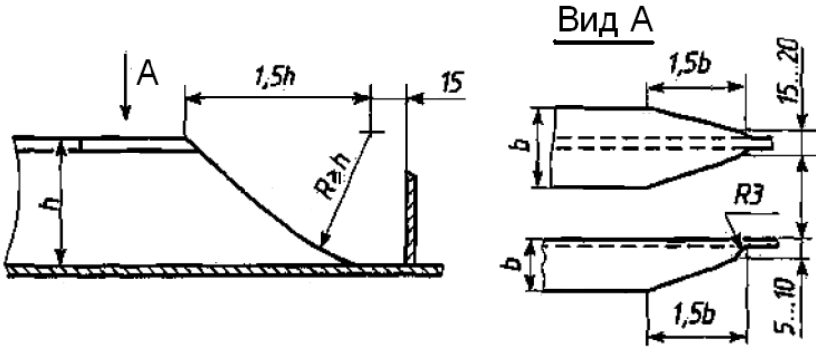


Рис. 4.7.2.7 Закінчення ребер жорсткості пресованої панелі. Розміри дані в мм.

4.7.2.8 Кутове з'єднання панелей з поперечно направленими ребрами жорсткості (РЖ) у сильно навантажених зонах повинно підкріплюватися кницями на кожному ребрі, як показано на рис. 4.7.2.8 а). Кутове з'єднання панелей з поздовжньо розташованими РЖ слід підкріплювати вільними шпангоутами з кницею або рамними шпангоутами, що приварюються до зовнішньої обшивкивідповіднодо рис. 4.7.2.8 б) та в).

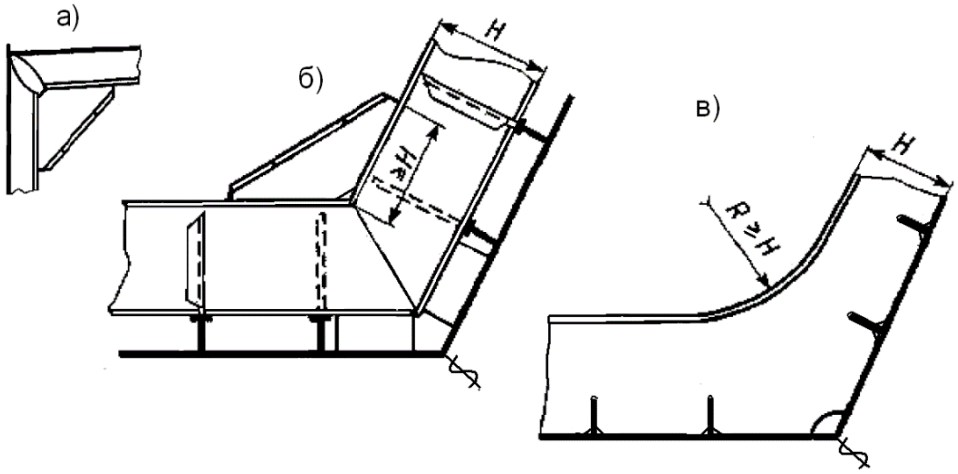


Рис. 4.7.2.8 Приклади кутових з’єднань пресованих панелей

4.7.2.9 У районах, найбільш навантажених від загального вигину, бажано розносити стики листів поясів палуби та днища в середині секцій. Стики між секціями по можливості слід розміщувати поза поперечним перерізом корпусу з вирізами. Стики та пази листів, що проходять по вирізу, повинні відстояти від найближчої кромки вирізу на відстані не меншій ніж 0,25 відповідного розміру.

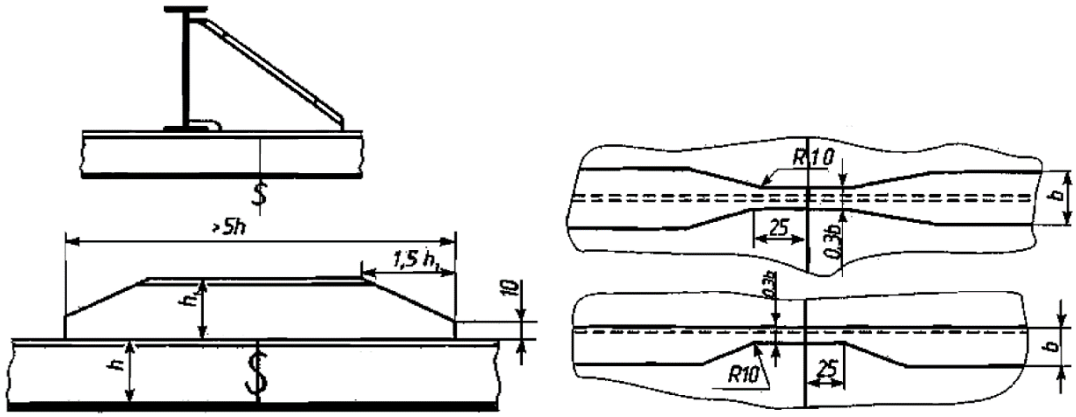
Не рекомендується поєднувати стики секцій в одній площині, перпендикулярній до ДП, особливо для секцій палуби і днища в середній частині корпусу.

4.7.2.10 При стиковому зварному з'єднанні пресованих панелей ребра жорсткості та листи зовнішньої обшивки допускається стикувати в одній площині з технологічних міркувань.

Для компенсації ослаблення міцності стикових з’єднань після зварювання необхідно встановлювати на стики РЖ підсилювальні підкріплюючі елементи у вигляді книці, штаби або профілю, як показано на рис. 4.7.2.10 а).

Стики поздовжніх РЖ рекомендується розміщувати на ділянці, де напруження від місцевого вигину мінімальні.

Для покращення умов зварювання поясок балки в районі стику РЖ рекомендується підрізати згідно з рис. 4.7.2.10 б), при цьому довжину елемента, що підкріплює, необхідно збільшити до семи висот основної балки.



а) підсилення стикового з’єднання панелей

б) підрізання полок РЖ у місці стикового з’єднання панелей

Рис. 4.7.2.10 Приклади стикового зварного з’єднання пресованих панелей. Розміри дані в мм.

4.7.2.11 У стикових зварних з'єднаннях балок рамного набору стики по стінці та пояску рекомендується розносити не менше ніж на дві ширини пояска. У сильно навантажених районах рекомендується застосовувати косий стик поясків під кутом 45°.

Допускається виконувати стик пояска та стінки в одній площині з підсиленням місця стику планками згідно з рис. 4.7.2.11.

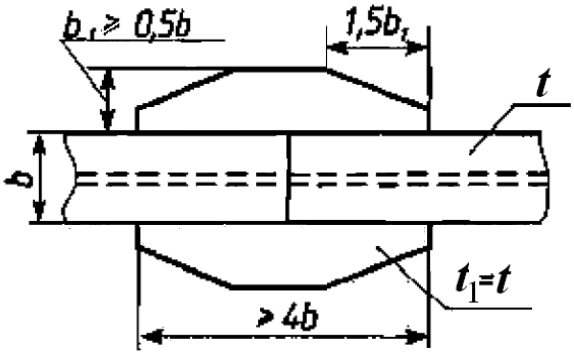


Рис. 4.7.2.11 Підсилення стика поясків рамного набору

4.7.2.12 Перетин балок рамного набору різної висоти рекомендується виконувати з підкріпленням кницями, як показано на рис. 4.7.2.12.

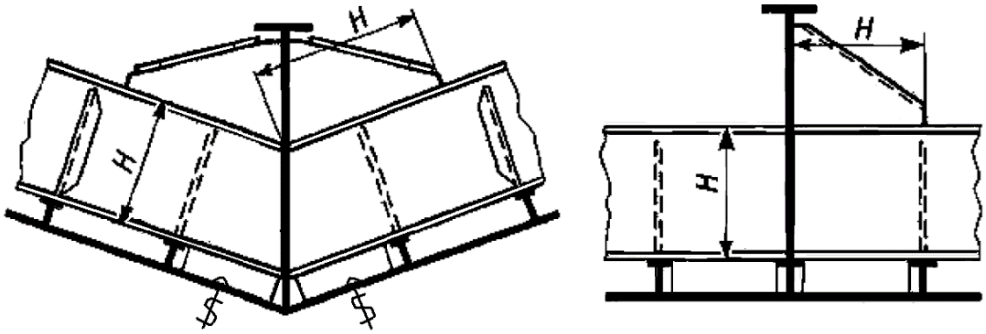


Рис. 4.7.2.12 Перетин балок рамного набору різної висоти

4.7.2.13 Допускається виконувати полегшуючі вирізи у стінці рамного набору. Діаметр вирізу не повинен перевищувати половини висоти стінки. Відстань між кромками суміжних вирізів та від кромки книці, що закріплює рамну балку, повинна становити не менше половини висоти рамної балки. Горизонтальну вісь вирізу слід розмішувати лише на рівні нейтральної осі поперечного перерізу балки.

Для підвищення стійкості стінки дозволяється застосування штампованих вирізів, як показано на рис. 4.7.2.13. Додаткові вимоги до вирізів наведені в **4.4.1**.

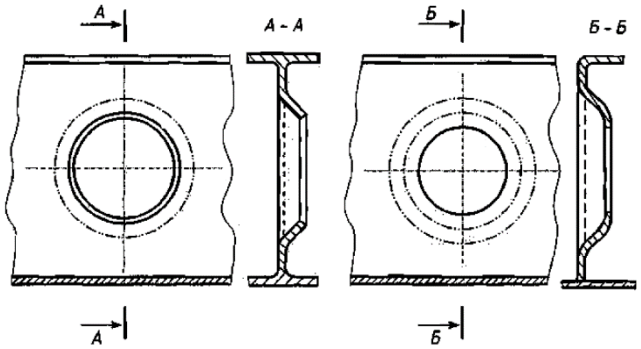


Рис. 4.7.2.13 Полегшуючі вирізи у стінці рамного набору

4.7.2.14 У районах корпусу, що зазнають впливу інтенсивних змінних навантажень, притуплення кницьнеобхідно заокруглювати по радіусу (див. рис. 4.7.2.14). Заокруглення виконується після зварювання шляхом механічної обробки.

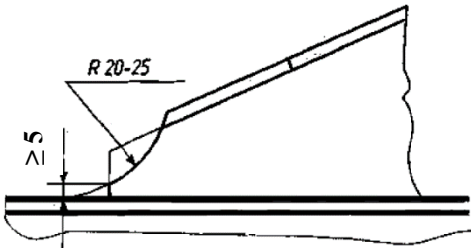
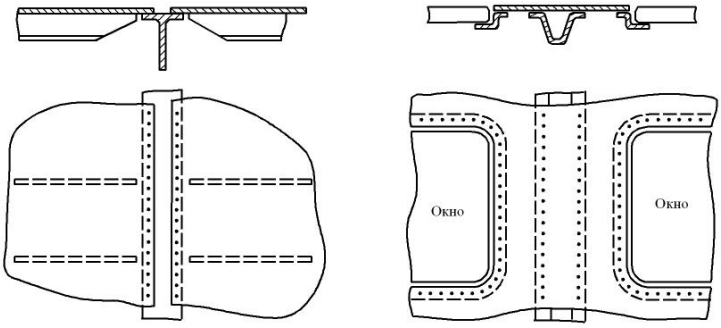


Рис. 4.7.2.14 Конфігурація кромки книці. Розміри дані в мм.

4.7.3 Клеєзварні конструкції

4.7.3.1 Стикове з'єднання тонких листів або тонколистових панелей слід виконувати на наборі, поясок якого відіграє роль підкладки Типове з'єднання встик показано на рис. 4.7.3.1 а). Типове з'єднання ребер жорсткості з обшивкою показано на рис. 4.7.3.1 б).



а) Стик пресованих панелей б) З'єднання міжвіконного стояка і комінгсів вікон з обшивкою

Рис. 4.7.3.1 Клеєзварне з'єднання обшивки і набору

4.7.3.2 Для запобігання зварювальних деформацій на зовнішніх видимих поверхнях корпусу судна застосовуються тришарові панелі, що забезпечують віддалення зварних швів від зовнішньої обшивки. Конструкція панелі може бути у вигляді холоднотягнутого профілю або тришарової конструкції з оболонками та стільниковим заповнювачем з алюмінієвого сплаву.

Приклад клеєзварної конструкції борту показаний на рис. 4.7.3.2. Деталі, що зварюються, які показані рисунку, з'єднуються суцільним кутовим зварним швом.

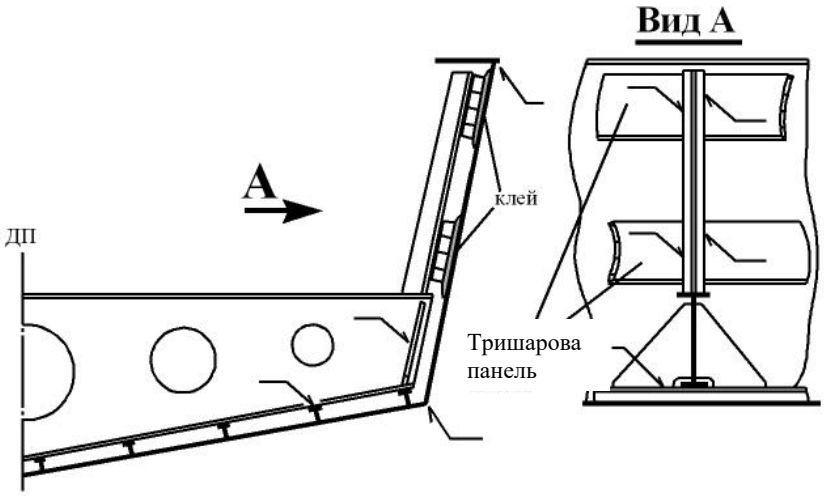


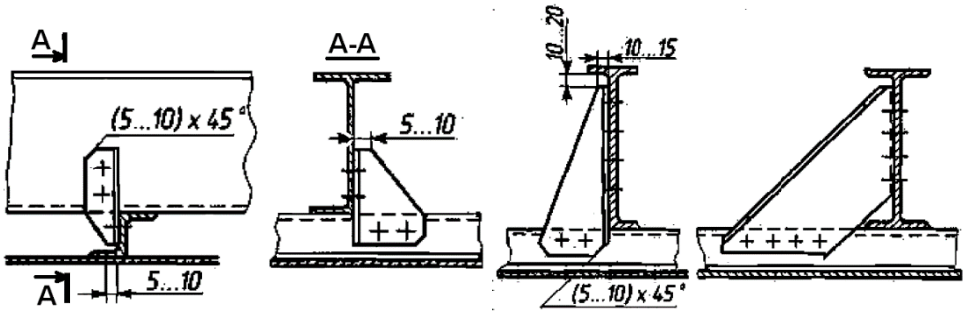
Рис. 4.7.3.2 Приклад клеєзварної конструкції борту

4.7.4 Клепані конструкції з легких сплавів

4.7.4.1 При проектуванні клепаних конструкцій слід враховувати застосовні вимоги **4.7.2.1** ÷ **4.7.2.4** (виключаються вимоги, пов'язані зі зварюванням).

4.7.4.2 Як елементи поперечного рамного набору рекомендується застосовувати вільні шпангоути. Вузли з'єднання РЖ пресованої панелі з вільним шпангоутом показані на рис. 4.7.4.2-1. Варіанти б) та в) застосовуються, коли необхідно підвищити стійкість стінки вільного шпангоуту в сильно навантажених місцях.

Допускається з'єднання шпангоуту з ребром жорсткості через з'єднувальну планку - «бубнівку», як показано на рис. 4.7.4.2-2 а). У вузлах перетину балок, що не зазнають значних відривних зусиль, і при достатній ширині поясків допускається з'єднання шляхом клепання поясків без додаткових з'єднувальних деталей (див. рис. 4.7.4.2-2, б).



а) б) в)

Рис. 4.7.4.2-1 Кріплення вільного шпангоута до ребра жорсткості за допомогою книці.
Розміри дані в мм.

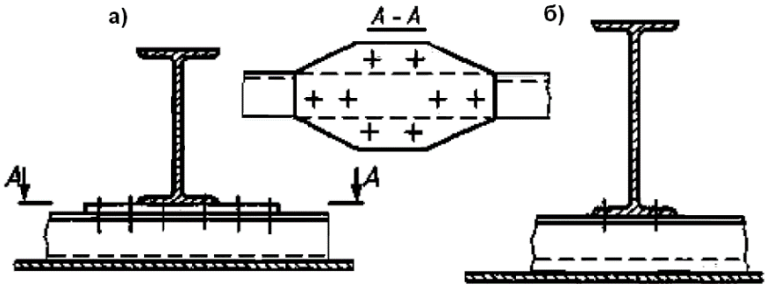


Рис. 4.7.4.2-2 Безкничне кріплення вільного шпангоута до ребра жорсткості.
Розміри дані в мм.

4.7.4.3 Закінчення ребер жорсткості основного набору рекомендується виконувати згідно з рис. 4.7.4.3 а) - при закріпленому кінці (книця умовно не показана) та рис. 4.7.4.3 б) – при вільному закінченні на «вус».

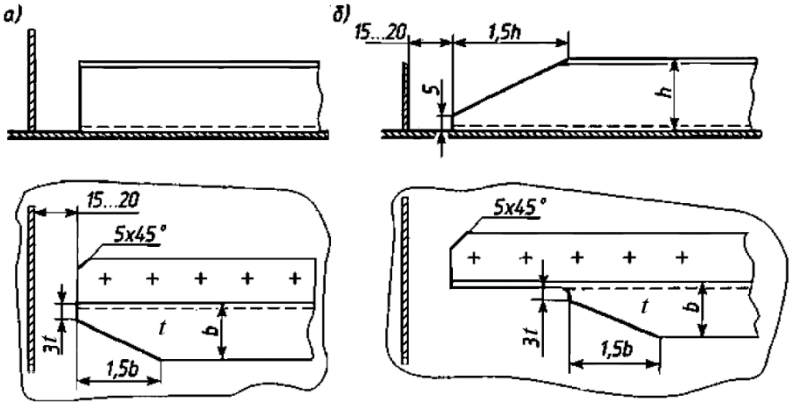


Рис. 4.7.4.3 Закінчення ребер жорсткості. Розміри дані в мм.

4.7.4.4 Кутове з'єднання рамного шпангоуту борту та рамного бімса рекомендується виконувати за допомогою книці, як показано на рис. 4.7.4.4 а). При тупому куті зламу борту і палуби допускається з'єднувати стінки балок внапуск, а пояски - за допомогою штаби, товщина якої повинна бути не меншою за товщину пояска набору, що з'єднується, а протяжність в кожну сторону від лінії перегину - не менше 1,5 висоти меншої балки [див. Рис. 4.7.4.4 б)].

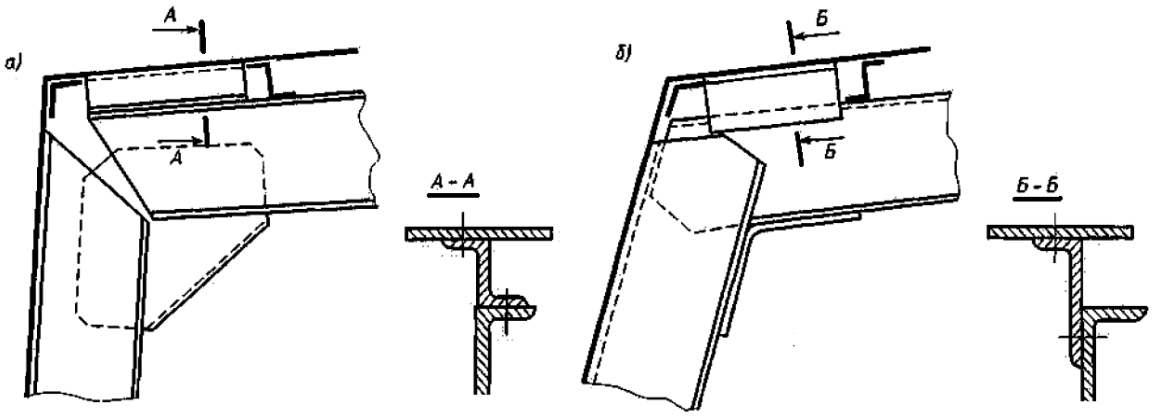


Рис. 4.7.4.4 Приклад з’єднання рамного щпангоута борта і рамного бімса

4.7.4.5 Типовий вузол з’єднання у місці перетину вільного шпангоуту і розрізного стрингера, встановленого поверх ребра жорсткості того ж напрямку, наведено на рис. 4.7.4.5.

Кількість кутників, що приєднують розрізну стінку (два або чотири), призначається з умови міцності в залежності від ступеню навантаження вузла.

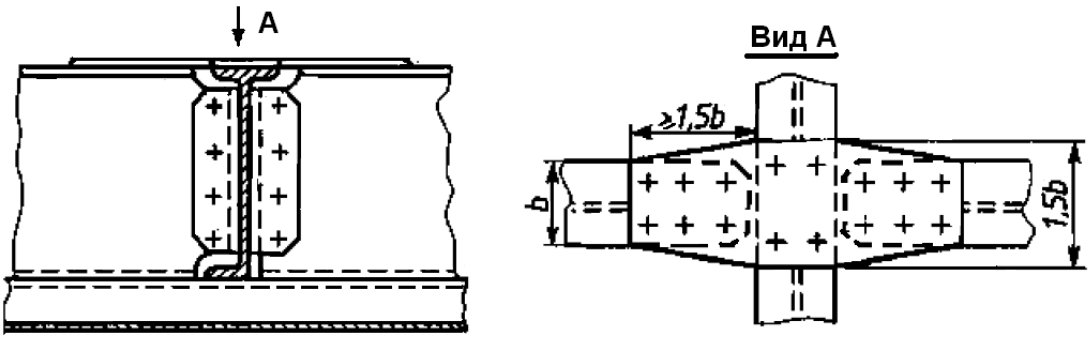


Рис. 4.7.4.5 Типовий вузол з’єднання вільного шпангоуту і стрингера

4.8 ЛЬОДОВЕ ПІДСИЛЕННЯ КОРПУСУ

4.8.1 Загальні положення

4.8.1.1 Якщо судно має льодові підкріплення, згідно з вимогами цього підрозділу, то до символу класу додається знак **Лід** відповідно до **2.2.3.6** «Правил класифікації та побудови суден. Частина I. Класифікація», наприклад **Лід5**, **Лід20**.

4.8.1.2 Вимоги цього підрозділу регламентують підкріплення корпусу суден усіх районів плавання, що епізодично самостійно плавають у дрібно битій кризі, товщиною $t_л \leq 0{,}015L_Н$, м, або за криголамом у каналі битої криги, товщиною $t_{лк} \leq 0{,}01L_Н$, м.

Судна підсилюються для плавання в битій кризі тільки за рішенням судновласника відповідно до **2.2.3.7** «Правил класифікації та побудови суден. Частина I. Класифікація».

4.8.1.3 Судна, що плавають в битій кризі, повинні мати наведені нижче підкріплення корпусу, які орієнтовані на товщину битої криги (див. **4.8.1.2**), і, як правило, відповідають підкріпленню набору корпусу суден відповідно для знаків районів плавання згідно до **2.2.5.7** «Правил класифікації та побудови суден. Частина I. Класифікація».

У суден, призначених для систематичного плавання у більш важких умовах, ніж зазначено в **4.8.1.2**, повинні бути схвалені Регістром підкріплення корпусу, додатково до необхідних у цьому підрозділі і встановлені залежно від типу, призначення та умов плавання судна.

4.8.1.4 Набір в районі підкріплення корпусу для плавання в битій кризі необхідно приварювати безперервними швами.

4.8.2 Льодові підкріплення набору і обшивки

4.8.2.1 Форштевень, ахтерштевень.

.1 Розміри форштевня, що вимагаються в **4.4.2.9** та у **Додатку М** цієї частини Правил, повинні бути збільшені:

на 50% для суден необмеженого **М**, обмежених морських **MR1** і **MR2** та прибережних **1**-го і **2**-го районів плавання, і

на 25% для суден прибережних **3** ÷ **5** районів плавання.

.2 Площа поперечного перерізу ахтерштевня, за його наявності, повинна бути збільшена на 15% порівняно з тією, що вимагається згідно з **4.4.2.9** та **Додатком М** цієї частини Правил.

4.8.2.2 Шпація

Для всіх суден довжиною 15м $\leq L_Н <$ 24м в носовій частині судна шпація повинна бути не більше 400мм.

Для вищезазначених суден допускається встановити шпацію в носовій частині, як для судна без льодових підкріплень, згідно **1.5.1**, за умови постановки проміжних бортових шпангоутів, момент опору поперечного перерізу яких повинен бути не менше 50% моменту опору поперечного перерізу основних шпангоутів згідно з **3.4.4.1**.

4.8.2.3 Набір днища

Набір днища в носовій частині судна повинен бути встановлений по поперечній системі набору.

4.8.2.4 Набір борта

.1 В носовій частині суден довжиною 8м $\leq L_Н <$ 15м повинні бути встановлені проміжні шпангоути борта момент опору поперечного перерізу яких повинен бути не менше 50% моменту опору поперечного перерізу основних шпангоутів згідно з **3.4.4.1**.

.2 Нижні частини бортових проміжних шпангоутів повинні перекривати скулу. Рекомендується закріплювати їх на найближчій в'язі набору днища або кріпити до настилу подвійного дна, за його наявності.

Верхні кінці проміжних шпангоутів повинні бути доведені до палуби, платформи або бортового стрингера, але не повинні бути нижче за верхню кромку льодового поясу.

.3 На суднах з повними обводами кінцевих частин у форпіку і ахтерпіку шпангоути слід встановлювати нормально до обшивки.

.4 Для всіх суден довжиною 15м $\leq L_Н <$ 24м на рівні ватерлінії судна у повному навантаженні повинен бути встановлений бортовий стрингер.

4.8.2.5 Зовнішня обшивка

.1 По всій довжині судна повинен бути встановлений льодовий пояс зовнішньої обшивки, верхня границя якого повинна проходити на 500мм вище ватерлінії судна у повному навантаженні, а нижня - на 500мм нижче ватерлінії судна порожнем, з врахуванням можливого диференту судна.

.2 Пояс бортової обшивки в носовій кінцевій частині судна повинен мати товщину збільшену на 25% порівняно з товщиною, яка вимагається для зовнішньої обшивки в цьому районі.

Пояс бортової обшивки в районі ахтерпіка повинен мати товщину збільшену на 20% , а в інших частинах довжини судна повинен мати товщину збільшену на 15% порівняно з товщиною, яка вимагається для зовнішньої обшивки в цьому районі.

Якщо в указаних вище районах судна знаходиться ділянка днищевої обшивки, яка знаходиться від ватерлінії судна порожнем по висоті менше 500мм, то товщина днищевої обшивки в цьому районі повинна бути не менше ніж товщина льодового пояса.

.3 Для суден довжиною L_H < 15м розміри льодового поясу за погодженням з Регістром можуть бути зменшені.

4.8.2.6 Льодове підкріплення інших елементів корпусу

.1 На перегородках форпіка і ахтерпіка, а також на перегородках, що обмежують машинне відділення, повинні бути встановлені горизонтальні ребра жорсткості на 25% ширини перегородки з кожного борту з моментом опору не менше, ніж у вертикального стояка основного набору перегородки.

Стояк перегородки, до якого будуть доведені ці ребра, повинен бути підсилений.

.2 Гвинти і перо стерна повинні бути захищені від дії льоду (крейсерська корма, протильодові виступи тощо).

5 КОНСТРУКЦІЯ КОРПУСУ З ПЛАСТИКА, АРМОВАНОГО ВОЛОКНОМ

5.1 ОБЛАСТЬ ПОШИРЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

5.1.1 Вимоги цього розділу поширюються на водотоннажні і глісуючі моторні судна та на вітрильні судна.

Ці вимоги можуть застосовуватися до суден на повітряній подушці та підводних крилах. При цьому конструкція таких суден є предметом спеціального розгляду Регістром.

5.1.2 Вимоги цього розділу передбачають, що для виготовлення корпусу можуть застосовуватись:

1) Пластики, армовані волокном, включаючи тришарові панелі.

2) Обшивка із холодноформованого шпону, рейкова обшивка із захисним покриттям склотканиною.

3) Композитні ламінати – конструкції з дерева, фанери та інших матеріалів, підсилені з двох сторін склопластиком.

5.1.3 У всіх випадках технологія формування корпусу повинна бути схвалена Регістром.

5.1.4 Вимоги цього розділу застосовні:

1) якщо зовнішня обшивка формується як одне ціле або із двох та більше заздалегідь сформованих секцій;

2) для суден, що мають такі з'єднання секцій корпусу:

- зовнішньої обшивки в діаметральній площині, палуби з бортом,
- надбудов та рубок з палубою;

3) для одношарової та тришарової конструкцій зовнішньої обшивки, настилу палуби, перегородок та стінок рубок та надбудов.

5.1.5 Якщо навантаження та розміри елементів корпусу були визначені відповідно до:

- 2.4 та **3.3 ÷ 3.4** для розмірів елементів конструкції однокорпусних суден;

- 2.6 та **3.5** для кілів та їх кріплення,

тоді застосовуються вимоги цього розділу.

Якщо для розрахунку елементів конструкції корпусу застосовуються:

а) Додаток А цієї частини Правил для спрощеного визначення розмірів елементів вітрильних суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання довжиною L_H до 9м;

б) вимоги **11.7.1** для перевірки міцності корпусу скиданням з висоти суден довжиною L_H до 6м з одношаровою конструкцією днища із АВ-пластику,

тоді конструкція корпусу таких суден повинна відповідати лише вимогам **Додатку G** цієї частини Правил.

5.1.6 Якщо у цьому розділі, та у розділі **3** і у **Додатках В ÷ Е** цієї частини Правил відсутні спеціальні вимоги, розміри елементів одно- та тришарової конструкцій, а також застосування композитних конструкцій є у кожному випадку предметом спеціального розгляду Регістром.

5.1.7 На кресленнях конструкцій з АВ-пластику необхідно вказувати не тільки товщину пластин у мм, а й кількість шарів армуючого матеріалу, а також масу сухих волокон у ламінаті кг/м^2.

5.2 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ, СКОРОЧЕННЯ

5.2.1 Терміни, що застосовуються в даному розділі та які стосуються загальноприйнятої термінології, наведені у **4.2**.

Терміни та скорочення, що стосуються матеріалів для виготовлення корпусу з АВ-пластику, наведені у **5.2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

5.2.2 У цьому розділі додатково прийнято такі визначення:

Армування – застосування для виготовлення корпусу твердого інертного матеріалу, що складається, як правило, з волокон або тканини, які добре скріплюються зв’язувальною речовиною для досягнення підвищеної міцності, жорсткості та ударної в'язкості. Типи армування волокнами наведено у **5.2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Одношарова пластина - пластина, що складається з одношарового ламінату.

Основа - нитки основного напряму в армуючій тканині.

Приформовування - кутове з'єднання деталей на місці за допомогою ламінату, що складається з шарів армуючого матеріалу та сполучного.

Тришарова конструкція (тришарова панель) – конструкція, в якій два одношарові ламінати з АВ-пластику, які називаються *оболонками*, з'єднані між собою шаром з пінопласту, бальзи, сот і т.п. матеріалу, що називається *заповнювачем*.

Оболонка, розташована із зовнішнього боку обшивки корпусу, називається *зовнішньою.*

Оболонка, розташована всередину судна, називається *внутрішньою.*

Сполучна (зв'язувальна речовина) – термореактивний синтетичний матеріал, що використовується для просочення армуючих волокон або тканини, який у початковій стадії знаходиться в рідкому (текучому) стані, але при полімеризації переходить у твердий стан (твердіє).

Пінопласт - пластична маса пористої структури, переважно, із закритими порами.

Утік - нитки армуючої тканини, розташовані поперек ниток основи.

5.3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ З АВ-ПЛАСТИКА

5.3.1 Загальні положення, шпація

5.3.1.1 При формуванні обшивки корпусу допускаються монолітний та секційний способи.

5.3.1.2 Для здійснення контролю якості АВ-пластику методом випробувань під час виготовлення корпусу необхідно залишати припуск на обшивці для отримання контрольної плити розміром 400х400мм. Якщо матеріал для випробування можна отримати шляхом вирізів в обшивці, припуск не потрібний, а загальна площа обрізків повинна перевищувати площу контрольної плити в 1,5 рази.

Властивості матеріалу інших деталей можуть визначатися на зразках готової партії. Див також відступ у **11.4.1.3 б).**

5.3.1.3 Шпація при поперечній системі набору не повинна прийматись більш ніж зазначено в табл. 5.3.1.3.

Таблиця 5.3.1.3 **Шпація суден із АВ-пластику**

Довжина судна, м	Шпація, мм
$6 < L_H \leq 15$	350
$15 < L_H < 20$*	400
Примітка. Величини шпацій можуть бути прийняті й такими, що відрізняються від наведених у цій таблиці, якщо доцільність відхилення від наведених значень підтверджується розрахунком або технологічними вимогами. *Застосовується також для прогулянкових суден довжиною до 24м.	

5.3.1.4 При поздовжній системі набору поздовжню шпацію рекомендується приймати не більше 250мм.

5.3.1.5 При застосуванні тришарових конструкцій для зовнішньої обшивки і настилу та при необхідності встановлення набору шпація при поперечній системі приймається вдвічі більшою, ніж зазначено в табл. 5.3.1.3.

5.3.1.6 Усі незахищені кромки ламінатів із АВ-пластику повинні бути покриті гелькоутом. Відкриті кромки тришарових панелей та кромки отворів у тришарових панелях повинні бути ізольовані CSM-матом, покритим тканиною та просоченим сполучним.

5.3.2 Ребра жорсткості

5.3.2.1 Загальні відомості

.1 Корпус, палуба та рубки повинні мати жорсткість, необхідну для дотримання вимог розділу **3** та **Додатків В ÷ Е** цієї частини Правил, що забезпечується будь-яким поєднанням поздовжніх та поперечних ребер жорсткості, конструктивних перегородок, звичайними елементами жорсткості (наприклад, зламами обшивки, докладніше див. **3.2.1.4.1**), які здатні передавати навантаження від обшивки або настилу на інші конструкції корпусу.

.2 На рисунках 5.3.2.3 ÷ 5.3.2.5 показані приклади використання ребер жорсткості та звичайних елементів жорсткості, які застосовуються як до вітрильних, так і до моторних суден. Допускається застосування комбінації систем набору в межах одного судна.

На суднах, довжиною L_H менше 9м, достатньо застосування звичайних елементів жорсткості як набір (див. рис. 5.3.2.5). На суднах більшої довжини необхідно встановлювати ребра жорсткості.

5.3.2.2 Альтернативні варіанти

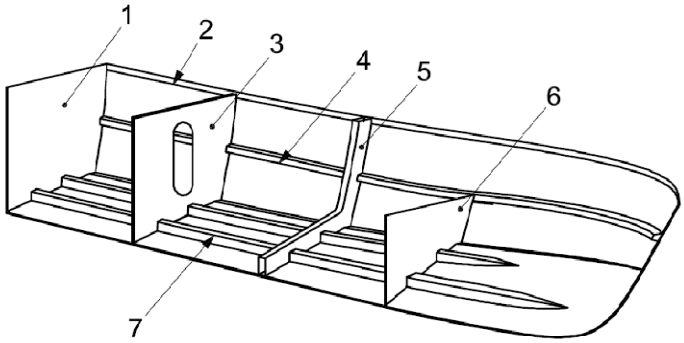
Можливі інші варіанти конструкції набору, але вони повинні відповідати вимогам цього розділу та ефективно сприймати та передавати зусилля від навантаження на зовнішню обшивку та настил, та зосереджені навантаження (від щогли, кіля, стерна тощо) на носійні конструкції (докладніше див. **5.5.3** та **5.5.4**). Такі конструкції підлягають спеціальному розгляду Регістром.

5.3.2.3 Поздовжня система набору

На рис. 5.3.2.3 показано типову конструкцію корпусу судна з АВ-пластику з основним набором у вигляді поздовжніх П-подібних ребер жорсткості. Роль рамного набору виконують шпангоути, перегородки та високі флори.

Ребра жорсткості, що беруть участь у загальному вигині, повинні бути безперервними по всій довжині корпусу, без розрізів на поперечному наборі та перегородках.

Для суден довжиною L_H > 15м рекомендується поздовжня система набору для днища і палуб та поперечна – для бортів. У форпіку таких суден повинна застосовуватись поперечна система набору.



Позначення: 1 – транець; 2 - планшир; 3 – перегородка;4 - поздовжнє ребро жорсткості борту; 5 – рамний шпангоут; 6 – високий флор;7 - поздовжнє ребро жорсткості днища [закінчення повинні виконуватися відповідно до рис. 5.3.3.2.1 а) або в)].

Рис. 5.3.2.3 – Поздовжня система набору корпусу судна з АВ-пластику

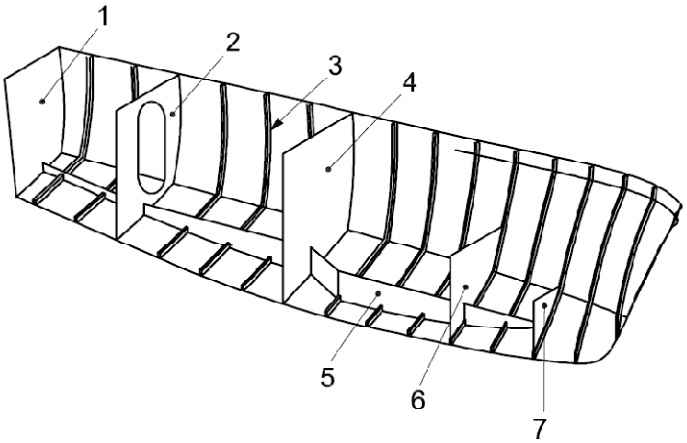
Примітка до рис.: Поз. 1, 3, 5 та 6 є елементами рамного набору, поз. 2, 4 та 7 є ребрами жорсткості основного набору.

5.3.2.4 Поперечна система набору

На рис. 5.3.2.4 показана типова конструкція корпусу з поперечними шпангоутами як основний набір. Роль рамного набору виконують поперечні перегородки, високі флори, стрингери. Основний набір також підтримується поздовжніми звичайними елементами жорсткості: зламами або заокругленнями обшивки на скулах, в ДП по днищу або по лінії борту.

На суднах довжиною L_H > 15м необхідно встановлювати поздовжні балки рамного набору, які підтримують ці шпангоути, а також сприймають поздовжні зусилля загального вигину корпусу.

Закінчення флорів або поперечних ребер жорсткості та з'єднання їх з баластовим кілем на вітрильних суднах повинно виконуватись відповідно до вимог **3.5.4** та **8.8.4.1.1**.

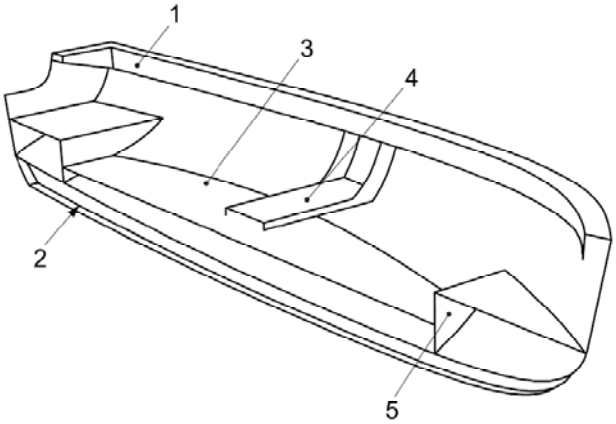


Позначення: 1 – транець; 2 і 4 - перегородки; 3 – шпангоут основного набору; 5 – стрингер; 6 та 7 – високі флори.

Рис. 5.3.2.4 – Поперечна система набору корпусу судна із АВ-пластику.

5.3.2.5 Відсутність набору

.1 Водотоннажні судна довжиною L_H < 6м можуть не мати ніяких встановлюваних ребер жорсткості (одношарова безнабірна конструкція корпусу). Однак конструкції, які зазвичай не призначені для використання як елементи жорсткості, наприклад, внутрішні перегородки, можуть діяти як такі. Для таких конструкцій може знадобитися їхнє посилення для виконання ролі елемента жорсткості. На рис. 5.3.2.5 банка, передній та задній рундуки, днище кокпіту та планшир використовуються для цих цілей.



Позначення: 1 – планшир; 2 – кіль; 3 – днище кокпіту; 4 – банка; 5 - високий флор.

Рис. 5.3.2.5 Човен із АВ-пластику з природними елементами жорсткості.

.2 Для корпусів суден довжиною L_H > 15м прибережних **4** і **5** районів плавання та суден довжиною $L_H \leq$ 15м усіх районів плавання, а також для надбудов, рубок та перегородок усіх суден допускається застосування безнабірної або посиленої набором тришарової конструкції обшивки та настилу.

5.3.3 Передача навантаження

5.3.3.1 Загальні положення

Конструкція елементів корпусу повинна забезпечувати рівномірну передачу навантаження від обшивки/настилу на інші конструкції корпусу. Зосереджені навантаження, наприклад, від щогли на степс у днищі або на п'ятнерс у палубі, повинні передаватися на сусідні елементи корпусу через підкріплення. Не слід допускати концентрації напружень від навантаження на непідкріплених пластинах зовнішньої обшивки.

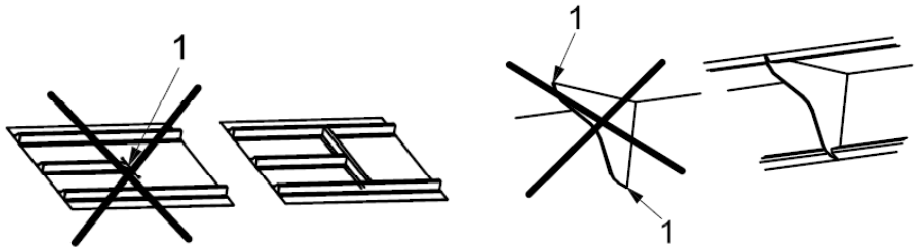
Зазвичай зосереджені навантаження повинні передаватися на сусідні елементи корпусу через дотичні зусилля у фланцях, кницях чи флорах. "Гострих кутів" на перетинах в'язей необхідно уникати (див. **5.3.3.5**).

5.3.3.2 Забезпечення передачі навантаження

Нижче наведено конструктивні рішення, що забезпечують ефективну передачу навантаження від обшивки/настилу на ребра жорсткості.

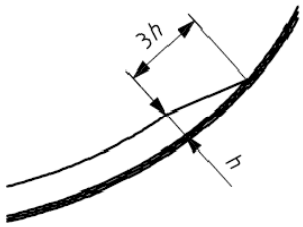
.1 Ребра жорсткості (зазвичай П-подібні або штабові) і балки (у тому числі балки фундаменту під двигун) не повинні різко обриватися і повинні в місці закінчення передавати згинальні та дотичні напруження іншому опорному елементу через книці або через структурно ефективне з'єднання РЖ з іншим опорним елементом (див. рис. 5.3.3.2.1).

Якщо ребра жорсткості зазнають невеликих навантажень, вони можуть закінчуватися «на вус», за умови, що нахил зрізу становить не менше 30%, а пластина обшивки між кінцем РЖ і найближчим несівним ребром жорсткості може передавати зусилля від поперечної сили і згинального моменту ребра жорсткості за рахунок жорсткості вигнутої обшивки [див. Рис. 5.3.3.2.1 в)].



а) РЖ, яке закінчується на пластині, недопустиме і вірне рішення

б) встановлення книці, недопустиме і вірне рішення

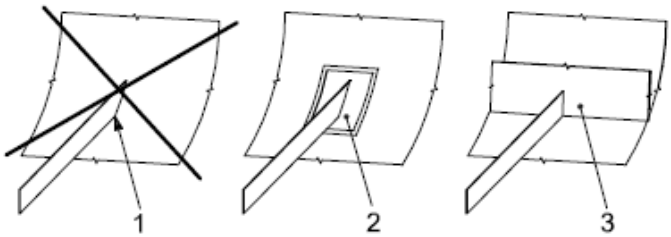


в) закінчення «на вус»

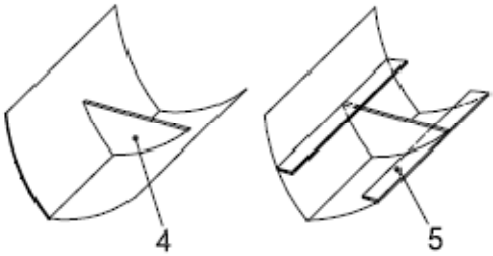
Позначення: 1 – ризик утворення тріщини; *h* - висота ребра жорсткості

Рис. 5.3.3.2.1. Закінчення ребра жорсткості або книці

.2 Висота флорів повинна плавно зменшуватися в сторону бортів судна до висоти поперечних шпангоутів, що примикають. Якщо флор не закінчується на поздовжніх елементах жорсткості, як показано на рис. 5.3.3.2.2 б) праворуч, він повинен простягатися на значну довжину, перш ніж закінчуватися на обшивці борту, щоб гарантувати ефективне сприйняття навантаження від обшивки.



а) елементи жорсткості, що закінчуються на зовнішній обшивці, недопустима і ефективна конструкції



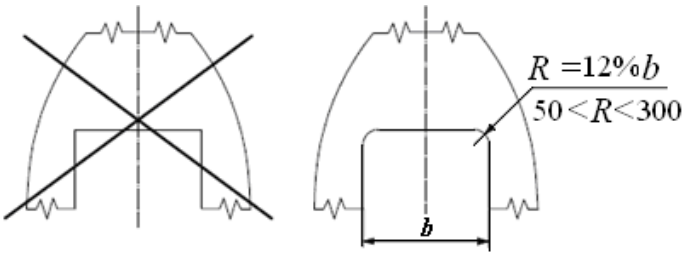
б) високий флор/напівперегородка

Позначення: 1 – жорстка точка, ризик тріщини – неприпустима конструкція;
2 – посилення армуванням (накладка) – прийнятне рішення;
3 - ребро жорсткості закінчується на перпендикулярному йому РЖ або на перегородці - ефективна конструкція;
4 - поздовжні РЖ на закінченнях флора відсутні - допустима конструкція;
5 – днище кокпіту або поздовжні РЖ по верху флора – ефективна конструкція.

Рис. 5.3.3.2.2. Конструкція закінчень набору

5.3.3.3 Вирізи та отвори в обшивці та наборі

.1 Прямокутні вирізи в палубах та у зовнішній обшивці і настилі (див. рис. 5.3.3.3.1) повинні мати радіус заокруглення в кутах не менше 12% ширини отвору, але не менше 50мм. Немає необхідності приймати значення радіусу понад 300мм. Ця вимога не стосується вирізів, кромки яких підкріплені комінгсами (штабою, РЖ тощо).



Позначення: *R*– радіус заокруглення; *b* – ширина вирізу. Розміри наведені в мм.

Рис. 5.3.3.3.1. Вирізи в палубі та корпусі із заокругленнями в кутах

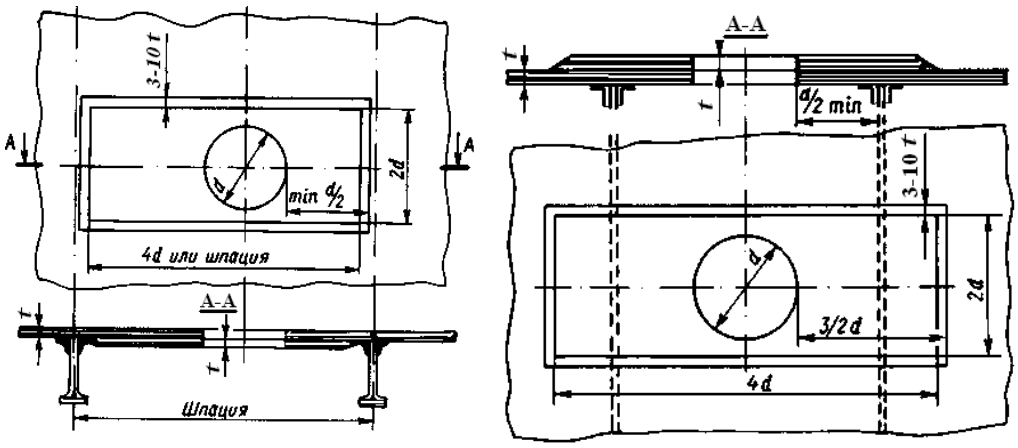
.2 У ребрах жорсткості основного та рамного набору не допускаються полегшувальні вирізи. Якщо вирізи в наборі необхідні для інших цілей, вони повинні розташовуватися більшою стороною вздовж РЖ. Ширина будь-якого вирізу не повинна перевищувати 50%, а довжина - 75% висоти стінки РЖ, якщо немає інших інженерних розрахунків. Заокруглення у кутах вирізів повинні мати радіус не менше 12% меншої сторони вирізу. Вирізів слід уникати на відстані, рівній 20% шпації від опорного елементу, та у місцях зосереджених навантажень на елемент.

.3 Проходи невеликих трубопроводів і кабелів через тришарові панелі та П-подібні РЖ повинні бути забезпечені пластиковими втулками, що встановлюються на ґрунтовці або сполучному.

.4 Вирізи в навантажених зонах обшивки/настилу мають бути підкріплені.

Круглі вирізи у зовнішній обшивці, настилі палуби та обшивці непроникних перегородок діаметром менше 150мм можуть не підкріплюватися.

Круглі вирізи у зовнішній обшивці діаметром 150мм і більше повинні посилюватись накладкою з ровінгової тканини, як показано на рис. 5.3.3.3.4.



Варіант а) Варіант б)

Рис. 5.3.3.3.4. Посилення круглого вирізу накладкою.

Примітки до рис.:

1. Товщина накладки повинна дорівнювати товщині обшивки. Якщо положення отвору визначено заздалегідь, накладка формується всередину між шарами ламінату.

2. В іншому випадку приформовування накладки слід виконувати на внутрішній поверхні обшивки між набором у межах однієї шпації, як показано на варіанті а).

3. Якщо необхідна довжина накладки (4*d*) перевищує розмір шпації, приформовування накладки допускається виконувати зовні обшивки.

4. Кромка отвору повинна знаходитися не ближче відстані *d*/2 від РЖ.

.5 Прямокутні вирізи в навантажених зонах обшивки/настилу повинні посилюватися ровінговою тканиною, основу якої слід спрямовувати вздовж довжини корпусу. Конструкція посилення, що рекомендується, показана на рис. 5.3.3.3.5.

Товщина накладки повинна дорівнювати товщині обшивки. Накладка заформовується між шарами ламінату, якщо положення отвору наперед відоме, або приформовується на зовнішній поверхні обшивки.

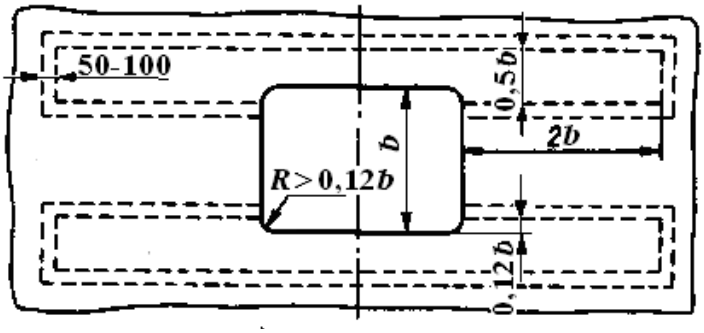
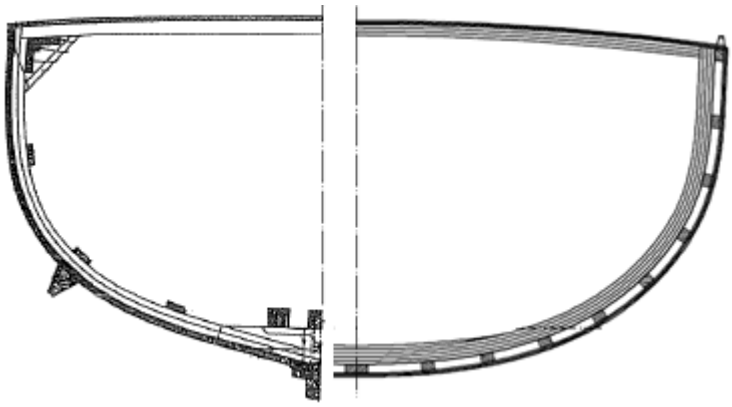


Рис. 5.3.3.3.5 Посилення прямокутного вирізу накладкою

5.3.3.4 Система набору із вільними шпангоутами

.1 При застосуванні у конструкції корпусу вільних шпангоутів (див. рис. 5.3.3.4.1) рамний набір закріплюється поверх РЖ основного набору, не будучи безпосередньо пов'язаним із зовнішньою обшивкою. Тільки основний набір з'єднується із пластинами. При розрахунках вільного шпангоуту з використанням **Додатка D**цієї частини Правил його приєднаний поясок повинен прийматися рівним нулю.



а) поздовжній стрингер б) поперечний шпангоут

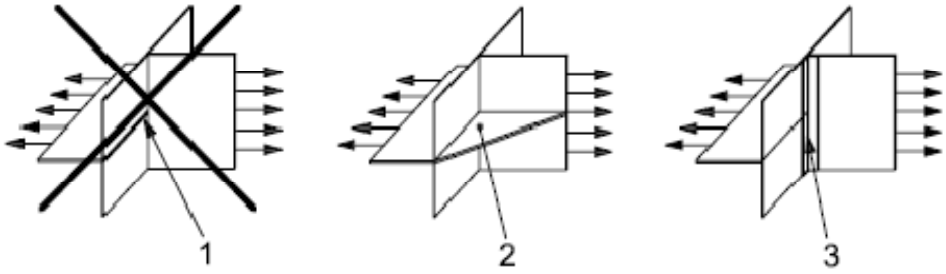
Рис. 5.3.3.4.1 Приклади вільних шпангоутів

.2 Як правило, на суднах з АВ-пластику вільні шпангоути мають поперечний переріз у вигляді полоси або бруска, виготовляються з фанери або дерева і з'єднуються (крім основного набору) відповідно зполосовими або брусковими бімсами.

Особлива увага повинна бути приділена міцності кріплення або склеювання в районі з'єднання вільного шпангоуту з ребром жорсткості. Рекомендується, щоб площа клейової або іншої сполуки становила не менше площі поперечного перерізу стінки ребра жорсткості, A_W, яка визначається за формулою (3.4.4.1-1).

5.3.3.5 Гострі кути в місцях передавання навантаження

Під "гострим кутом" розуміється конструкція, у якої несівні елементи корпусу з'єднуються у взаємно перпендикулярних площинах. Таких місць слід уникати через високу концентрацію напружень в точці з'єднання двох площин, що знаходяться під навантаженням. У такому разі, принаймні, один із елементів повинен бути посилений, як показано на рис. 5.3.3.5.



Позначення:

1 - концентрація напружень (гострий кут у пластин, що перетинаються) – неприпустима конструкція;
2 - книця для передачі навантаження від горизонтальної до вертикальної пластини – ефективна конструкція;
3 - посилення приформувальним косинцем - допустима конструкція для слабонавантажених місць.

Рис. 5.3.3.5. Приклади гострих кутів та дії навантажень

5.3.4 Визначення жорсткості прогону ребра жорсткості

5.3.4.1 Загальні положення

Розміри поперечного перерізу ребра жорсткості визначаються згідно **3.4**, виходячи, у тому числі, зі шпації і прогону РЖ, що розглядається.

Визначення прогону ребра жорсткості виконується згідно з **3.2.2.2**, виходячи з припущення, що елементи жорсткості розглядаються як елементарні балки, що сприймають рівномірно розподілене навантаження.

Важливо правильно вибрати довжину прогону РЖ, яка сильно впливає на його жорсткість (міцність на вигин і будь-які деформації).

У той же час набір корпусу, що складається з ребер жорсткості, що перетинаються, утворює перекриття. Точка перетину елементів жорсткості називається у цій частині Правил «точкою перетину».

Зазвичай довжина прогону ребра жорсткості визначається як відстань між сусідніми точками перетину, але в деяких випадках довжина прогону визначається інакше, як описано нижче.

5.3.4.2 Перетин елементів рамного та основного набору

Якщо різниця у висоті між елементами, що перетинаються, щонайменше перевищує в два рази висоту меншого РЖ, більш високе ребро жорсткості вважається елементом рамного набору, а менше ребро жорсткості вважається елементом основного набору.

Прогін елемента рамного набору l_u є розміром перекриття у напрямку елемента рамного набору.

Прогін елемента основного набору l_u є шпацією елементів рамного набору.

ПРИКЛАД: шпангоут борту має висоту 120мм, поперечна шпація становить 900мм, шпангоут простягається від палуби до зламу на скулі на відстань 1900мм.

Поздовжні стрингери висотою 50мм розташовуються з кроком 300мм між центрами.

Поперечний шпангоут є елементом рамного набору, причому його прогін становить l_u = 1900мм, а шпація s = 900мм.

Поздовжні стрингери є елементами основного набору з прогоном l_u = 900мм і шпацією s = 300мм.

5.3.4.3 Система набору осередкового типу. Розрахунок прогонів РЖ

.1 Загальні положення

Така система часто застосовується для корпусів із АВ-пластику (див. рис. 5.3.4.3). Поздовжній та поперечний набір мають однакову висоту. Ні поздовжні, ні поперечні ребра жорсткості не можна класифікувати як елементи основного або рамного набору і жорсткість перекриття є невизначеною при застосуванні звичайних засобів оцінки.

У таких випадках для визначення жорсткості слід використовувати процедуру, описану в підпунктах **.2** та **.3**.

.2 РЖ, розташовані вздовж короткої сторони перекриття

Прогін, що використовується для визначення розрахункового згинального моменту і перерізуючої сили повинен прийматися рівним 60% від розміру перекриття (поздовжнього або поперечного).

Розрахункове навантаження повинне бути отримане виходячи з розрахункової площі, A_D, яка ґрунтується на розмірах: шпації між ребрами жорсткості та відстані, що дорівнює 60% від розміру перекриття.

.3 РЖ, розташовані вздовж довгої сторони перекриття

Прогін, що використовується для визначення розрахункового згинального моменту і перерізуючоїсили повинен прийматися рівним 150% від розміру осередку (тобто відстані між РЖ, спрямованими вздовж короткої сторони перекриття).

Розрахункове навантаження повинне бути отримане виходячи з розрахункової площі A_D, яка ґрунтується на розмірах: відстані між РЖ, спрямованими вздовж довгої сторони перекриття, і довжині прогону, що дорівнює 150% розміру осередку (відстань між РЖ, спрямованими вздовж короткої сторони перекриття).

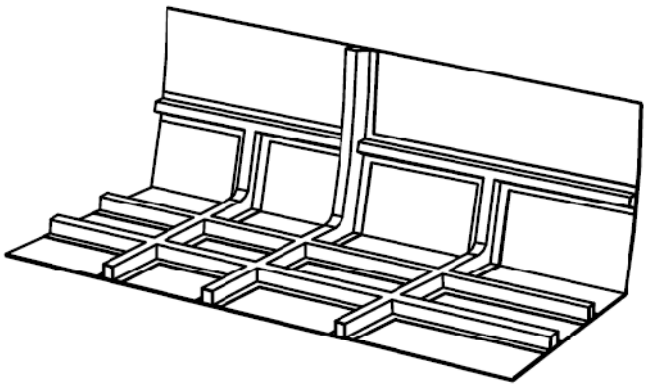


Рис. 5.3.4.3. Фрагмент днища, що має систему набору «осередкового» типу

Примітка до рис.: обшивка секції, що формується, може виготовлятися попередньо з наступним приклеюванням ребер жорсткості, але можливий також варіант одночасного формування набору з обшивкою.

ПРИКЛАД: конструкція «осередкового» типу складається з П-подібних ребер жорсткості висотою 75мм, розташованих через 600мм в обох напрямках. Перекриття має довжину 2300мм і ширину 1700мм.

Для ребер жорсткості, розташованих вздовж 1700мм: шпація дорівнює 600мм, прогін

l_u = 0,6 × 1700 = 1020мм. Розрахункове навантаження визначається для пластини площею 600мм×1020мм.

Для ребер жорсткості, розташованих уздовж 2300мм: шпація дорівнює 600мм, прогін

l_u= 1,5 ×600 = 900мм. Розрахункове навантаження визначається для пластини площею 600мм × 900мм.

.4 Обмеження у застосуванні методу розрахунку прогонів РЖ для набору осередкового типу

Метод, наведений у підпунктах **.2** та **.3**, сильно спрощений відносно реальної поведінки перекриття. Висота РЖ використовується у показнику жорсткості при згинанні EI/l_u^3.

Застосування даного методу передбачає, що кількість ребер жорсткості та кількість шарів армування в обох напрямках приблизно однакова. Це пояснює, чому в такому випадку вздовж

короткої сторони перекриття елементи жорсткості розглядаються як більш жорсткі і як такі, що сприймають більшу частину навантаження.

ПРИКЛАД: перекриття, яке не є «осередковим», і яке працює в одному напрямку значно краще, ніж в іншому:

• довжина 6000мм, всього дві П-подібні поздовжні балки, які є фундаментом двигуна, що мають армування високоміцним вуглецем; і

• ширина 1500мм, приблизно десять поперечних П-подібних ребер жорсткості із CSM/WR на основі Е-скла; працюючі при температурі 90º.

У цьому випадку не можна використовувати спрощений метод оцінки, щоб оцінити міцність перекриття. Відсутність такого спрощеного методу в цьому підрозділі не повинна тлумачитись як перешкода для використання інших розрахункових методів.

5.3.5 Забезпечення передачі зсувних навантажень у перекритті осередкового типу

П-подібні ребра жорсткості перекриття осередкового типу безперервні, принаймні в одному напрямку і розрізаються в іншому. В цьому випадку розрізний набір в точці перетину і на стику секцій заформовуєтьсяна місці: порожнини заповнюються рубаним волокном, просоченим сполучною, поясок посилюється накладкою з ровінгової тканини, як показано на рис. 5.5.7.4 ліворуч.

Якщо з'єднання набору виконується встик, його поперечний переріз, визначений відповідно до **3.4**, збільшується на 20%, як показано на рис. 5.5.7.2.

Міцність при зсуві в таких вторинних з’єднаннях нижча. Тому розрахункове дотичне напруження в безпосередній близькості від точки вторинного з'єднання повинна становити не більше 20% від допустимого дотичного напруження.

5.3.6 Міжвіконні стояки

5.3.6.1 Міжвіконні стояки зазвичай є ребрами жорсткості для підтримування вертикальної сторони вікна. Великі вирізи, з вікнами або без них, пред'являють вимоги до жорсткості таких стояків. Стояки повинні розраховуватися відповідно до двох окремих випадків навантаження, описаних нижче, виходячи з припущення, що ці навантаження не діють одночасно.

5.3.6.2 Випадок навантаження **1**: вільно оперта балка, що сприймає рівномірно розподілене навантаження, еквівалентне розрахунковому тиску на бічні або лобову стінки надбудови, що визначається згідно з **2.4**. Шпація повинна відповідати відстані між стояками (ширині вікон). Допустиме напруження повинне визначатися згідно з розділом **3**.

Розрахунок міцності і жорсткості стояків виконується згідно з **3.4.4**.

5.3.6.3 Випадок навантаження **2**: вільно оперта балка сприймає стискаюче навантаження, що створюється розрахунковим тиском на палубу надбудови, яке визначається в **2.4**. Навантаження рівномірно розподіляється за кількістю стояків. Стояки повинні бути розраховані за міцністю та стійкістю в двох взаємно перпендикулярних площинах.

5.3.6.3.1 Розрахунок на міцність стиснутих стояків виконують за формулою:

$$\Sigma = N \cdot 10^{-5} / A_w \leq \sigma_{ic},$$

де: N, кН - стискаюча стояки поздовжня сила, що визначається залежно від площі палуби надбудови (A, м^2) і розрахункового тиску на палубу (P, кН/м^2) за формулою: $N = P \cdot A$, рівномірно розподіляється за кількістю стояків, з урахуванням пілерсів та інших конструкцій, якщо вони є;

P, кН/м^2 - розрахунковий тиск на палубу надбудови, який повинен прийматися не менше ніж удвічі більше за тиск, прийнятий для випадку **1**;

A_w, см^2 – площа поперечного перерізу стояка із приєднаним пояском;

σ_{ic}, Н/мм^2 – границя міцності при стисканні, яка визначається відповідно до **Додатку В** частини XII «Матеріали» цих Правил, при ψ=0,3 відповідно до **Додатку D** цієї частини Правил.

5.3.6.3.2 Розрахунок на стійкість стиснутих стояків виконують за формулою:

$$N \cdot 10^{-5} / (\varphi \cdot A_w) \leq \sigma_{ic},$$

де: φ – коефіцієнт поздовжнього вигину, що враховує вплив гнучкості стояка (λ) на стійкість, знаходиться з довідкових таблиць залежно від гнучкості стояка, яка визначається за формулою:

$\lambda = l/i$, де l - розрахункова довжина стояка, i - радіус інерції поперечного перерізу стояка;

визначення N та A_w, див. **5.3.6.3.1.**

5.3.6.4 Вікна можуть використовуватись у розрахунку міцності за умови:

а) не приклеєні вікна не враховуються у розрахунку, так як вважаються неефективними;

б) для приклеєних вікон міцність пластин та/або стояків повинна розраховуватися разом.

5.3.6.5 Матеріал, що використовується для вікон, наприклад, акрил або скло, є більш крихкими, ніж звичайні суднобудівні матеріали. Запас міцності повинен бути збільшений, порівняно з вимогами **9.6**, та повинен прийматися відповідно до **9.7.8** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

5.4 ОБШИВКА І НАБІР КОРПУСУ З АВ-ПЛАСТИКА

5.4.1 Зовнішня обшивка

5.4.1.1 При товщині ламінату зовнішньої обшивки до 6мм стики армуючого матеріалу рівнобіжної структури повинен мати перекривання 40мм. Пази (стики тканини вздовж основи) укладаються без перекривання.

При товщинах зовнішньої обшивки 6мм і вище допускається укладання стиків та пазів армуючого матеріалу рівнобіжної структури без перекривання. Кількість шарів армуючого матеріалу повинна бути в цьому випадку не менше 8.

5.4.1.2 В кожному сусідньому шарі пази і стики армуючого матеріалу повинні бути рознесені не менше ніж на 100мм. Сполучення пазів і стиків в одному перетині допускається не менше ніж через 6 шарів.

5.4.1.3 В шарах діагонального напрямку пази укладаються без перекривання, а стики - з перекриванням 40мм для всіх товщин. Біаксіальна та квадроаксіальна тканини у шарах діагонального армування не повинні мати стиків.

5.4.1.4 Корпуси, сформовані з ровінгової тканини, необхідно зовні обклеїти не менше ніж 3 шарами склосітки або шаром мультиаксіальної тканини для забезпечення водонепроникності ламінату.

5.4.1.5 У районі кінців міцних надбудов суден довжиною L_H > 15м необхідно передбачати посилення зовнішньої обшивки та настилу палуби. Ширстрек у районі закінчення міцної надбудови повинен мати товщину, збільшену в півтора рази в порівнянні з товщиною поза надбудовою, і мати довжину не менше ніж 2,5 висоти надбудови. Перехід товщин має бути плавним.

5.4.1.6 Якщо зовнішня обшивка утворює плавниковий кіль, посилення товщини обшивки слід виконувати, як показано на рис. 5.4.1.6-1.

При кріпленні плавникового кіля зовні обшивка днища в районі стику з ним має бути виконана відповідно до рис.5.4.1.6-2 або іншим рівнозначним способом.

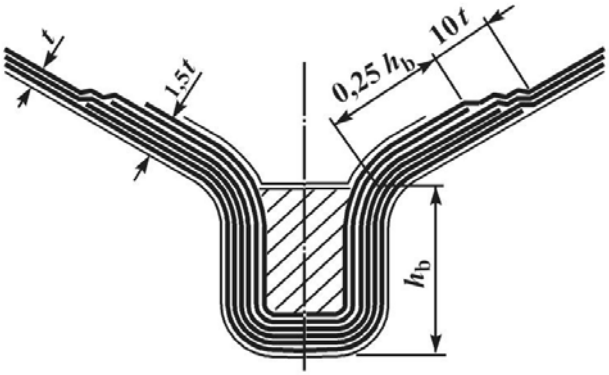


Рис. 5.4.1.6-1Зовнішня обшивка утворює плавниковий кіль

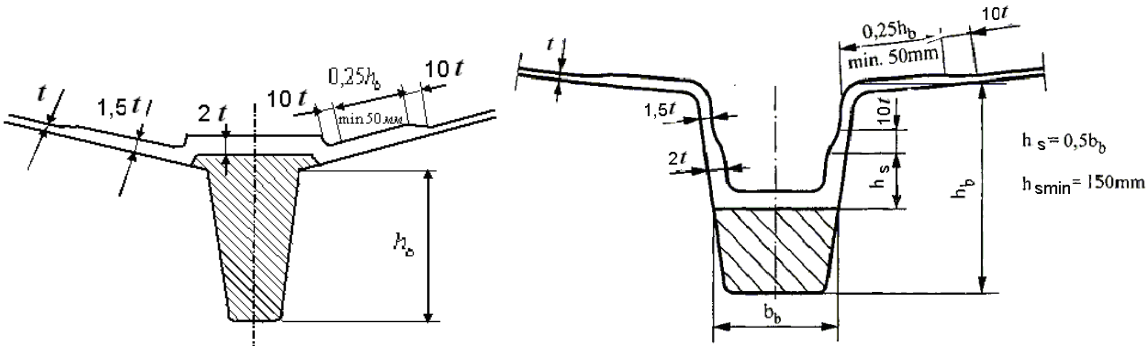
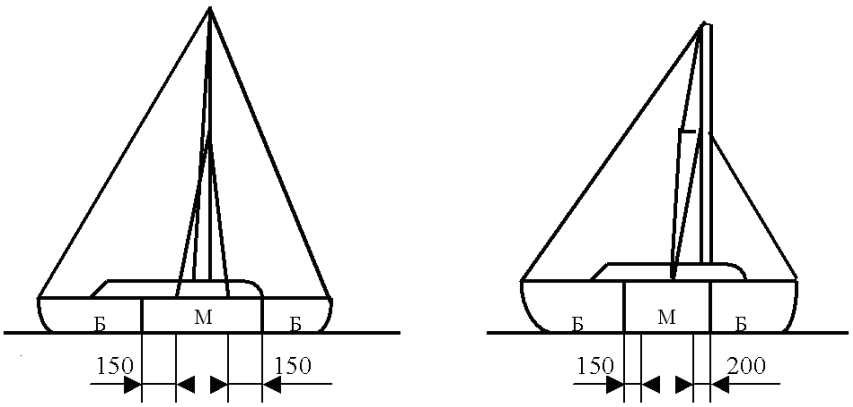


Рис. 5.4.1.6-2 Кріплення плавникового кіля зовні обшивки днища

5.4.1.7 Товщина зовнішньої обшивки в зоні встановлення путенсів моторно-вітрильного судна повинна бути в 1,5 рази більшою, ніж у зоні борту. Мінімальні розміри зони посилення обшивки показано на рис. 5.4.1.7. Посилюються лише краї зони щогли М, яка поширюється на 100мм до носу від осі щогли, та 75мм до корми від місця кріплення задніх путенсів і навпаки.

Якщо судно має дві щогли і висота бізань-щогли не перевищує 0,7 висоти грот-щогли, то зміцнення бортів у районі бізань-щогли не вимагається.



Позначення: Б – зона борту, як визначено в **2.2.2.1**, М – зона щогли

Рис. 5.4.1.7. Посилення обшивки борту в зоні щогли.

5.4.1.8 Конструкція транця повинна сприймати згинальний момент та зусилля тяги підвісних двигунів або кутових колонок та передавати їх на конструкції корпусу, не створюючи надмірних напружень.

Обшивка транця повинна підкріплюватися кницею або будь-яким іншим способом для передавання навантаження від двигуна і стояків на конструкції корпусу. На рис. 5.4.1.8 наведено приклади типових конструкцій транцю. Необхідно, щоб конструкція транця задовольняла вимогам виробника підвісного двигуна.

Обшивку транцю рекомендується виконувати з фанери, покритої ламінатом із АВ-пластику. Мінімальна товщина фанери, що використовується для заповнювача, $t_{зап}$, мм, розраховується за формулою (5.4.1.8-1), отримане значення округляється до найближчого числа, кратного п'яти:

$$t_{зап} = 35 + 0{,}15 \cdot N \qquad (5.4.1.8\text{-}1)$$

Мінімальна товщина внутрішньої оболонки транця $t_{внутр}$, мм:

$$t_{внутр} = L_{Н}^{0{,}55} \qquad (5.4.1.8\text{-}2)$$

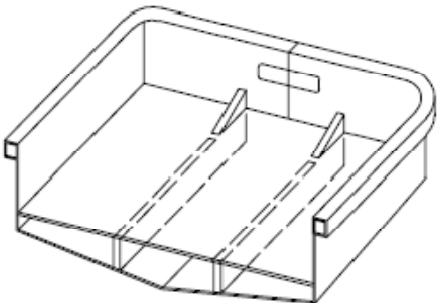
Мінімальна товщина зовнішньої оболонки транця $t_{зовніш}$, мм:

$$t_{зовніш} = L_Н^{0,55} + 0.085\ N^{0,5} \qquad (5.4.1.8\text{-}3)$$

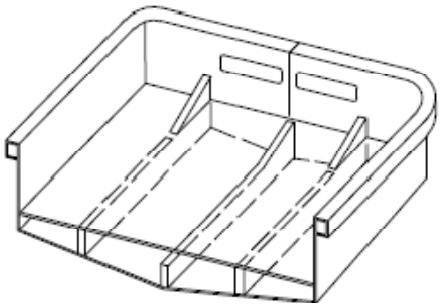
де: N – загальна потужність двигунів, встановлених на транці, кВт; $L_Н$ задається в метрах.

Наведені формули дійсні лише для підвісних двигунів потужністю N менше 100кВт.

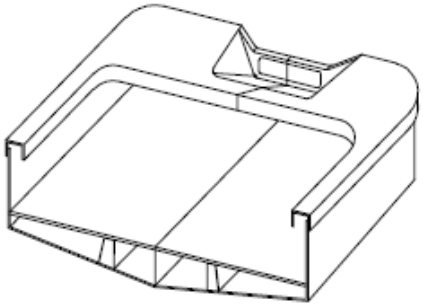
Примітка.Розрахунок навантажень, що діють на транець судна, викликаних підвісними двигунами або поворотно-відкидними колонками потужністю більше 100кВт, наведений у **Додатку N** цієїчастини Правил.



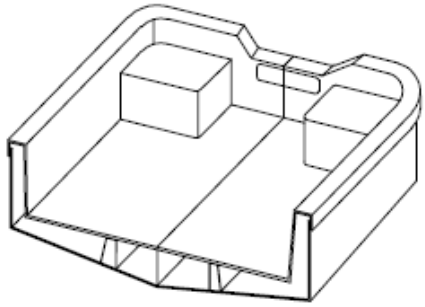
а) дві днищеві книці для одного двигуна



б) три днищеві книці для двох двигунів



в) верхнє навантаження передається на планшир і на нішу для двигуна, нижнє навантаження передається на балки і на днище кокпіта



г) верхнє навантаження передається на борти та на днище кокпіту через банки

Рис. 5.4.1.8 Посилення конструкції транця

5.4.2 Настил палуби та обшивка надбудови

5.4.2.1 Товщина палуби надводного борту, товщина палуби та стінок надбудови визначається згідно з **3.3**.

Перекривання армуючого матеріалу повинно виконуватись згідно до **5.4.1.1 ÷ 5.4.1.3.**

Рекомендується, щоб елементи палуби перегородок та надбудови, по яких безпосередньо ходять люди, мали вміст сухих волокон у масі ламінату, як мінімум, на 5% більше.

5.4.2.2 У районі кріплення палубного обладнання необхідно посилювати одношарову обшивку палуби за типом, показаним на рис. 5.3.3.3.4.

5.4.2.3 Тришарова панель у місцях кріплення обладнання повинна посилюватись вставками із фанери замість заповнювача. Фанера для вставок повинна бути водостійкою, стійкою до нагрівання, мати той самий коефіцієнт теплового розширення, що й тришарова панель. Поверхня фанери повинна легко зв'язуватись смолою або клеєм. Вставки із деревини не допускаються.

Зазори між вставкою і матеріалом заповнювача повинні заповнюватися рубаним волокном, просоченим сполучним, а оболонки в районі вставки повинні бути захищені гелькоутом, щоб уникнути попадання води.

5.4.2.4 У місцях, що зазнають сильного стирання, має бути передбачене посилення армуванням у вигляді накладок товщиною не менше 3мм, якщо на палубу в цих місцях не наноситься спеціальне захисне покриття.

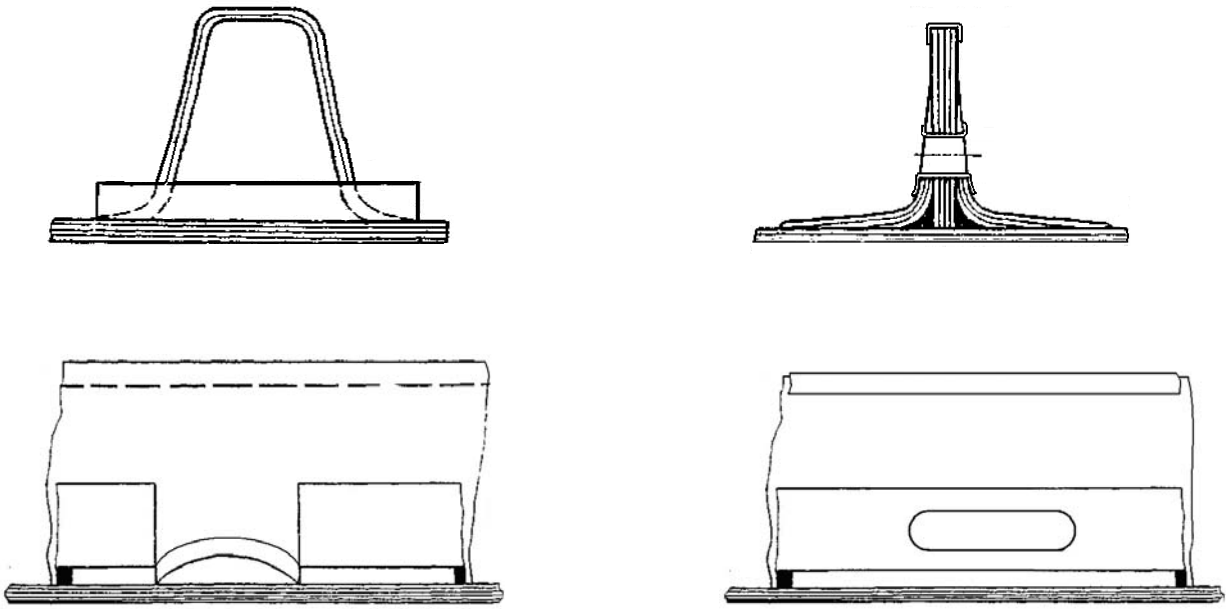
5.4.3 Набір основного корпусу та надбудови

5.4.3.1 Днищевий набір

.1 Необхідність встановлення флорів, вертикального кіля і днищевих стрингерів та їх розміри визначаються розрахунком відповідно до **3.4** та **3.5** з урахуванням навантаження відповідно до **2.4** залежно від конструктивного типу судна та вимог **5.3.2.5.2**.

.2 Вертикальний кіль і днищеві стрингери (за наявності) повинні бути доведені до носу та до корми настільки далеко, наскільки це можливо. Закінчення мають виконуватися зменшенням їх висоти на довжині не менше двох шпацій.

.3 Набір повинен встановлюватися так, щоб вода не застоювалася в осередках набору. Конструкція водопротоків (голубників) повинна забезпечувати вільне надходження води з будь-якої частини відсіку до місця осушення. Конструкція голубників, що рекомендується, показана на рис. 5.4.3.1.3. Краї отворів голубників повинні бути захищені від проникнення вологи CSM-матом або пластиковими втулками, що встановлюються на сполучному.



а) П – подібний профіль б) Полосовий профіль

Рис. 5.4.3.1.3 Голубники для водопротоку в наборі

Примітка до рис.: отвори виконуються на відстані не ближче 20% шпації від місця перетину з підкріплюючим набором.

5.4.3.2 Бортовий набір

.1 Для суден довжиною L_H > 9м відстань між сусідніми рамними шпангоутами, перегородками, напівперегородками або іншими значними звичайними елементами жорсткості не повинна перевищувати шести шпацій.

.2 Необхідність встановлення бортового стрингера визначається розрахунком відповідно до **3.4** з урахуванням навантаження згідно з **2.4**.

5.4.3.3 Палубний набір

У площині кожного рамного шпангоуту повинен бути встановлений рамний бімс. Необхідність встановлення карлінгсів та їх розміри визначаються розрахунком відповідно до **3.4** з урахуванням навантаження відповідно до **2.4** залежно від конструктивного типу судна та вимог **5.3.2.5.2**.

5.4.3.4 Пілерси

.1 У корпусах суден із АВ-пластику зазвичай передбачається застосування пілерсів трубчастого перерізу з алюмінієвих сплавів. Застосування неметалічних матеріалів для пілерса підлягає узгодженню з Регістром.

.2 Кріплення пілерса виконується до набору корпусу, як правило, без книць, як показано на рис. 8.7.3.1 б). П-подібні ребра жорсткості в місці встановлення пілерсів повинні мати вставки з ламінованої деревини товщиною не менше половини висоти РЖ. Встановлення вставок повинно виконуватись відповідно до **5.4.2.3**. Пілерс у основі повинен мати плиту з листового металу завтовшки, що дорівнює товщині стінки пілерса.

.3 Кріплення пілерса, що сприймає значне зосереджене навантаження, повинно проводитись у місці перетину набору корпусу (див. рис. 8.7.3.2). Пілерс повинен опиратися на основу і підкріплюватися не менше ніж 2 кницями товщиною, що дорівнює товщині стінки пілерса, і розміром сторін, що дорівнює 1,5 діаметру пілерса.

5.4.3.5 Набір перегородок

.1 Обшивка перегородок суден з корпусом з АВ-пластику, як правило, виконується з фанери, тришарових панелей або одношарового ламінату. Нижче наведено вимоги до набору перегородок з обшивкою із одношарового ламінату.

.2 Максимальний прогін вертикального стояка не повинен перевищувати 3м.

.3 За наявності бортового стрингера в його площині повинен встановлюватися горизонтальний шельф з моментом опору поперечного перерізу, що дорівнює бортовому стрингеру. Шельф повинен з'єднуватися зі стрингерами приформовуванням.

.4 При поздовжній системі набору палуби і днища стояки перегородок повинні встановлюватися в площині поздовжніх РЖ і з'єднуватися з ними приформовуванням.

.5 При поперечній системі набору палуби і днища та приєднання обшивки перегородок безпосередньо до зовнішньої обшивки за типом, показаним на рис. 5.5.4.1 а), б), г) і ж), закінчення стояків виконується "на вус", як показано на рис. 5.3.3.2.1 в). Якщо обшивка перегородки закінчується на ребрах або елементах жорсткості [див. рис. 5.5.4.1 в), д)], стояки з'єднуються з ними приформовуванням.

5.4.3.6 Набір та горловини цистерн

.1 На суднах з АВ-пластику, як правило, застосовуються вкладні цистерни, вимоги до яких наведені в **4.10** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

Нижче наведено вимоги для вбудованих цистерн, виконаних із АВ-пластику.

.2 Товщина крайнього міждонного листа в районі розташування цистерн подвійного дна повинна дорівнювати товщині зовнішньої обшивки в цьому районі.

.3 У ребрах жорсткості, розташованих усередині цистерни, повинні бути передбачені голубники та вентиляційні отвори (див. рис. 5.4.3.1.3).

.4 Паливні цистерни повинні мати заземлювальні пристрої, схвалені Реєстром, для відведення електростатичного заряду.

.5 Конструкція горловин та кришок до них повинна забезпечувати непроникність цистерни. Крок між болтами/шпильками кріплення кришки повинен становити не більше 4 діаметрів болта.

5.4.3.7 Фальшборт

.1 Товщина фальшборту повинна становити половину товщини обшивки борту, але не менше ніж 2мм.

.2 Стояки фальшборту повинні встановлюватись на кожному другому бімсі, але не більше ніж через 1,2м.

.3 Для суден довжиною L_H > 15м обшивка фальшборту не повинна бути єдиним цілим з обшивкою борту і площа її поперечного перерізу не повинна враховуватися при визначенні моменту опору поперечного перерізу корпусу судна в розрахунках загальної міцності згідно з **9.4**.

.4 Вимоги до розмірів та розташування шпігатів наведені у **7.3.3** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

5.4.3.8 Шахта машинного відділення, комінгси люків та вентиляторів

Конструкція та розміри шахти машинного відділення, комінгсів люків та вентиляційних каналів повинна відповідати застосовним вимогам розділу **9** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення», **4.5** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт», **4.9** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

5.4.3.9 Посилення штевнів, кіля та скул

.1 Загальні положення

Вразливі райони зовнішньої обшивки повинні бути захищені від незначних пошкоджень при посадці на мілину, швартуванні та/або транспортуванні автотранспортом, контакті з плаваючими предметами. Захист може бути забезпечений гумовими накладками або за рахунок посилення армуванням, як описано нижче.

Для армування застосовуються мультіаксіальна або ровінгова тканина. Застосування CSM-матів не допускається.

.2 Посилення кіля

Роль кіля може виконувати злам зовнішньої обшивки в ДП або плавниковий кіль і вимоги **5.4.1.6** повинні бути замінені наведеними у цьому пункті. На багатокорпусних суднах посилення кіля повинне виконуватися на кожному корпусі. Якщо днище корпусу плоске або опукле без вираженого зламу кіля, вважається, що корпус судна не має кіля і його посилення не потрібне.

Завдання посилення кіля наведені в підпунктах а) та б) нижче.

а) Захист від стирання та при незначних торканнях ґрунту: кіль посилюється, щоб збільшити ударну міцність при незначних торканнях ґрунту. Вимога вважається виконаною, якщо забезпечене посилення ламінату згідно з формулою (5.4.3.9.2) і ширина полоси посилення в мм становить ($80\times B_H$), як показано на рис. 5.4.3.9.2. B_H задається в метрах. Полоса посилення розташовується симетрично по обидва боки від ДП.

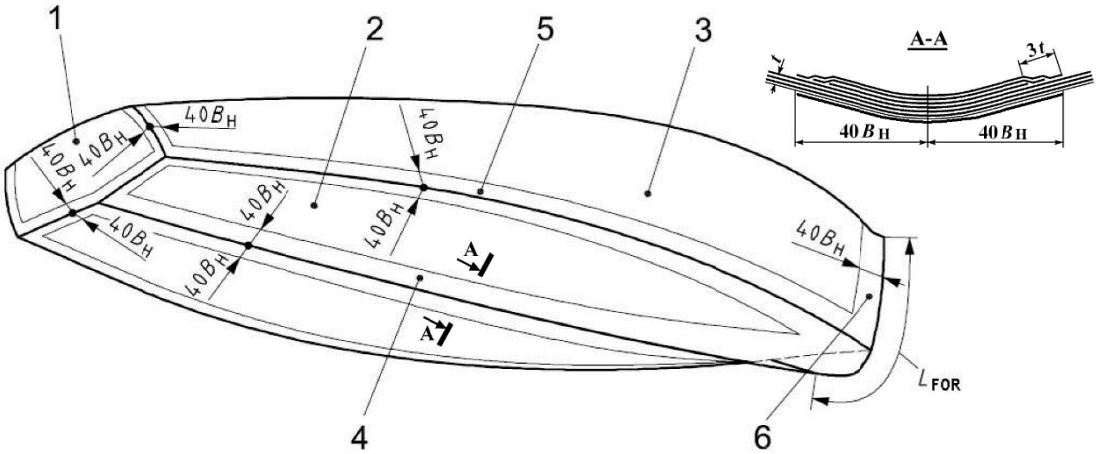
б) Достатня міцність при докуванні та/або транспортуванні: кіль повинен бути спроектований так, щоб у будь-якій точці по довжині він міг витримувати навантаження при докуванні та/або транспортуванні без пошкоджень, деформацій чи руйнування конструкції корпусу судна у повному вантажі.

Умови вважаються виконаними, якщо момент опору кіля навколо горизонтальної осі W_K становить, см^3:

$$W_K = 1{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot f_1 \cdot m_N \cdot L_H \qquad (5.4.3.9.2)$$

де: m_N – маса судна нетто, кг;
$f_1 = 130/\sigma_{uf}$;
σ_{uf} - границя міцності при згині ламінату, Н/мм^2.

Під час розрахунку фактичного моменту опору поперечного перерізу кіля ширина приєднаного пояска [див. рис. 3.4.6.1 в)] приймається рівною 20 товщин обшивки днища.



Позначення: 1 – транець; 2 – обшивка днища; 3 – бортова обшивка;
4 - посилений кіль; 5 –посилена скула; 6 – посилений форштевень;
B_H – ширина найбільша; L_{For} – довжина форштевня; t – товщина обшивки.

Рис. 5.4.3.9.2. Вразливі райони судна, що посилюються ламінатом

.3 Посилення форштевня

Посилений форштевень є основною частиною корпусу, що простягається від ОП до палуби надводного борту або планшира.

Ламінат посилюється відповідно до вимог підпункту **.2**, як показано на рис. 5.4.3.9.2 у межах ширини (40 · B_H) мм симетрично ДП. B_H задається в метрах.

Для посилення форштевня додатково можуть застосовуватися металеві деталі, виготовлені з алюмінієвого сплаву або сталі, що мають надійне антикорозійне покриття.

Металеві деталі, як правило, повинні заформовуватися всередину перерізу форштевня у вигляді вставок при збереженні розмірів форштевня, які визначаються за формулою (5.4.3.9.2).

.4 Посилення скул

Напруження від загального вигину та кручення корпусу, як правило, концентруються в місцях зламу обшивки на скулах. Крім того, скули схильні до стирання.

Таким чином, скули зі зламом, що становить не більше 130°, посилюються відповідно до формули (5.4.3.9.2), як показано на рис. 5.4.3.9.2 на ширині (40 · B_H) мм симетрично осі скули.

B_H задається в метрах.

.5 Армування посилених районів

Маса армуючих волокон посилення збільшується порівняно з w_{min} для днища, яка визначається за формулою (3.3.6.2-2), і повинна становити:

- (2,2 · w_{min}) кг/м^2 для посиленого кіля;
- (2,0 · w_{min}) кг/м^2 для посиленого форштевня;
- (1,7 · w_{min}) кг/м^2 для посилених скул.

.6 Ахтерштевень

Ахтерштевень (якщо він встановлюється) може бути металевим або композитним (з АВ-пластику та металу).

Розміри та конструкція ахтерштевня є предметом спеціального розгляду Регістром.

.7 Скулові кілі

Якщо на судні передбачаються скулові кілі, то вони повинні бути виконані з ровінгової тканини. Кріплення скулових кілів до корпусу повинно здійснюватися приформовуванням мультиаксіальною тканиною (без болтів), за типом, показаним на рис 5.5.6.3 а) і б).

Товщина приформовування повинна дорівнювати товщині стінки скулового кіля.

Конструкція скулових кілів повинна бути такою, щоб при обриві скулових кілів не ушкоджувалася зовнішня обшивка судна.

5.5 З'ЄДНАННЯ ОБШИВКИ З АВ-ПЛАСТИКУ МІЖ СОБОЮ І З ІНШИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ КОРПУСУ

5.5.1 Загальні положення

Нижче наведені рекомендовані конструкції з'єднання обшивки з АВ-пластику, що базуються на позитивному досвіді побудови та експлуатації суден.

Можуть бути застосовані інші конструктивні рішення за умови надання обгрунтувань з необхідними розрахунками, узгодженими з Регістром.

5.5.2 Стикове з'єднання обшивки

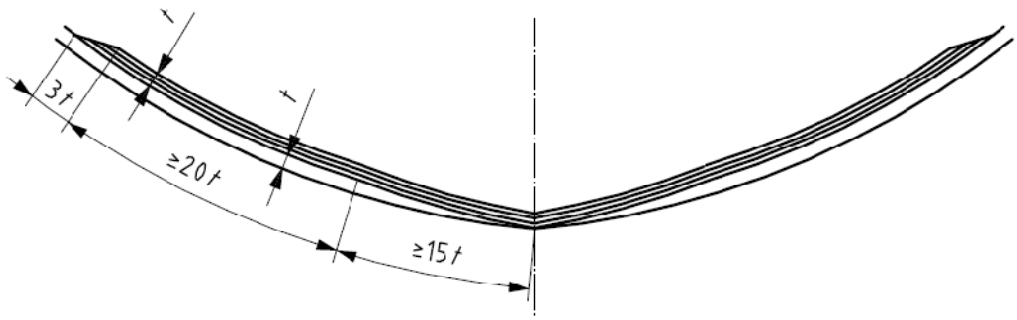
5.5.2.1 З'єднання у діаметральній площині

.1 Найбільш поширений випадок, коли зовнішня обшивка формується із двох частин, що з'єднуються в ДП.

Секції повинні бути з'єднані поетапним та послідовним перекриттям шарами ламінату. Особлива увага повинна бути приділена належній підготовці поверхонь, що з'єднуються.

.2 Конструкція з'єднання показана на рис. 5.5.2.1.2.

Рекомендації та пояснення, що відповідають гарному досвіду в будуванні, наведені нижче, ґрунтуються на товщині зовнішньої обшивки *t* без урахування можливого посилення захисним кілем.



ДП

Позначення: t – товщина зовнішньої обшивки

Рис. 5.5.2.1.2 З'єднання зовнішньої обшивки із АВ-пластику у діаметральній площині

.3 Товщина частин корпусу повинна плавно зменшуватися до ДП на довжині, що дорівнює або перевищує 15*t*.

Частини корпусу потім з'єднуються суцільними шарами матеріалу того ж складу, що і одна з частин.

Загальна ширина накладки повинна становити 76 товщин обшивки з плавним зменшенням ширини верхніх шарів на довжині 3*t*: [$76t = 2 \cdot t \cdot (15 + 20 + 3)$].

5.5.2.2 Зміна товщини ламінату

Перехід товщини ламінату повинен бути поступовим.

Тривалість переходу товщини ламінату в межах одного шару повинна мати довжину, рівну принаймні 20-кратній різниці товщин, а в сильно навантажених районах - кратній 40 різницям товщин.

Якщо при зміні форми корпусу, наприклад, на скулі або транці армування виконується через злам, зміна товщини пластин виконується перекриттям тканин, як зазначено в **5.4.1**.

Може використовуватися посилення армування відповідно до **5.4.3.9** (див. рис. 5.4.3.9.2).

5.5.2.3 Перехід тришарового ламінату в одношаровий

Перехід тришарового ламінату в одношаровий повинен здійснюватися на довжині, що дорівнює не менше ніж 3 товщинам заповнювача.

5.5.3 З'єднання палуби з бортами

5.5.3.1 З'єднання зовнішньої обшивки та настилу палуби повинне бути спроектовано та виконано для досягнення структурної цілісності та передачі навантаження між ними.

У відповідних випадках з'єднання повинне витримувати стискаючі навантаження від загального вигину судна.

Тим не менш, не потрібна міцність з'єднання більша, ніж міцність конструкції обшивки або палуби, залежно від того, що менше.

5.5.3.2 З'єднання борту та палуби палубних та частково закритих суден (тип **A** і **D** згідно з **1.2.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил), що експлуатуються в необмеженому **M**, обмежених морських **MR1**, **MR2** та прибережних **1 ÷ 4** районах плавання, повинне бути водонепроникним.

Рекомендовані вузли з'єднань обшивки корпусу та настилу палуби показані на рис. 5.5.3.2.

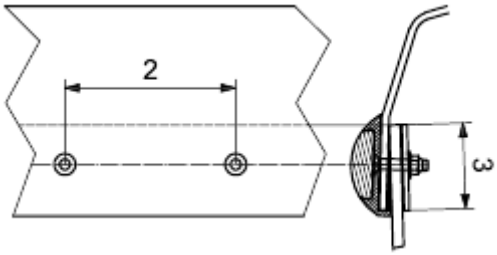
Типи застосовних з’єднань:

• механічне кріплення (болтами, заклепками, гвинтами тощо), у цьому випадку зазвичай потрібна внутрішня підкріплююча пластина з металу або фанери;

• приформовування ламінатом;

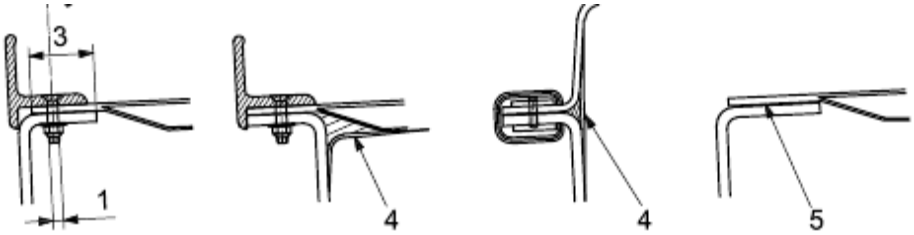
• склеювання;

• поєднання перерахованих вище варіантів.



а) вертикальне болтове з’єднання на металевій планці

б) вертикальне з’єднання саморізами на планці із фанери



в) палубне внутрішнє з’єднання через фланець

г) палубне зовнішнє з’єднання через фланець

д) горизонтальне з’єднання на привальному брусі

е) палубне з’єднання тільки на клею

Позначення: 1 - діаметр болта/заклепки/гвинта d_s; 2 – крок кріплення s;
3 - ширина з'єднання внапуск b_3; 4 - водонепроникне приформування з ламінату;
5 - клейова сполука.

Рис. 5.5.3.2. Типові вузли з'єднання борту та палуби

5.5.3.3 Якщо з'єднання борту з палубою припадає на найширшу частину судна, його слід посилити відповідно до **5.4.3.9**, щоб вони витримували навантаження під час швартування та докування судна.

Якщо палуба повинна бути водонепроникною, з'єднання борту з палубою повинно також бути водонепроникним.

5.5.3.4 Якщо ламінати з'єднуються механічним способом, кріплення повинне бути виготовлене із стійкого до корозії металу та мати захисне покриття гелькоутом після встановлення.

Крок кріплення та його розташування не повинні послаблювати з'єднання.

Шайби та гайки мають бути виготовлені з матеріалу, сумісного з болтами/гвинтами.

Кромки ламінату та отвори кріплень повинні бути покриті гелькоутом.

Рекомендуються такі розміри механічного кріплення:

а) діаметр болта або гвинта $d_3 = 2{,}8 + 0{,}42\ L_H$, мм;

б) крок кріплення $s = 190 + 4{,}25\ L_H$, мм;

в) ширина перекриття внапуск $b_3 = 4L_H$, мм, але не менше 30мм,

де L_H задається в метрах.

Механічне кріплення забезпечує міцність з'єднання виходячи тільки з міцності кріплення (тобто можливе застосування клею або пасти на стику забезпечує лише водонепроникність).

Якщо паста має сильні клейові властивості, розміри механічного кріплення можуть бути зменшені на підставі розрахунку, наданого Регістру.

5.5.3.5 З'єднання палуби зі стінками надбудов та рубок із тришарових панелей може виконуватися приформовуванням за допомогою галтелі або переходом до одношарового ламінату, як показано на рис. 5.5.3.5.

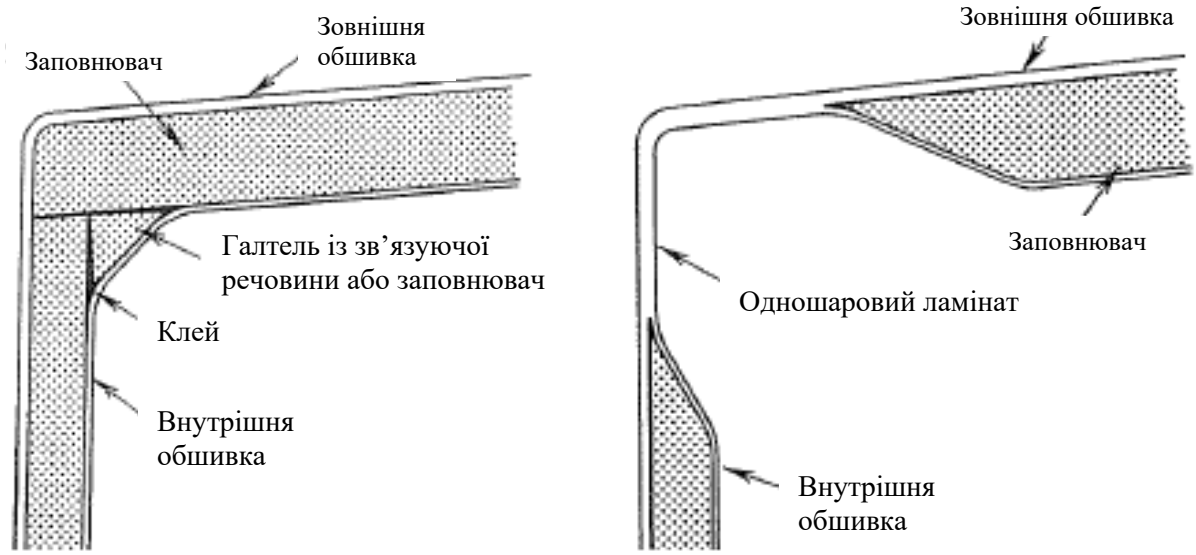


Рис. 5.5.3.5 З'єднання тришарових панелей палуби та борту

5.5.3.6 У випадку, коли з'єднання борту з палубою виконане виключно або головним чином із застосуванням клею, проектант і будівельник повинні працювати в тісному контакті з виробником клейових компонентів, ґрунтувати свої рішення на минулому досвіді та/або випробуваннях.

Альтернативні способи з'єднань можуть застосовуватися за умови підтвердження ефективної передачі навантаження з борту на палубу та назад, заснованому на позитивному досвіді будівництва та експлуатації суден. Такі рішення підлягають спеціальному розгляду Регістром.

5.5.4 З'єднання перегородок із зовнішньою обшивкою

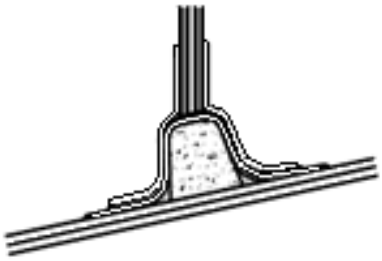
5.5.4.1 Якщо елементи, що з'єднуються, є одношаровим ламінатом, не вимагається, щоб товщина приформовування перевищувала товщину стінки меншого з елементів t_W, що з'єднуються, якщо приформовування виконується з того ж матеріалу армування, що і елементи, які з'єднуються.

Якщо елементи, що з'єднуються, є тришаровим ламінатом, не потрібно, щоб товщина приформовування перевищувала товщину оболонки, якщо приформовування виконується з того ж матеріалу армування, що і оболонки тришарових панелей.

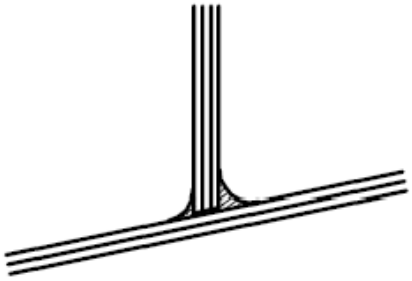
На рис. 5.5.4.1 показано типові вузли з'єднання перегородки з обшивкою. Варіанти, показані на рис. 5.5.4.1, забезпечують міцність з'єднання та ефективність передачі навантаження тільки за умови дотримання всіх технологічних вимог при побудові. Якість з'єднання значною мірою залежить від кваліфікації виконавця. Застосування типових конфігурацій саме собою (без дотримання технології) не гарантує надійного з'єднання.

а) приформовування з обох сторін б) приформовування з однієї сторони

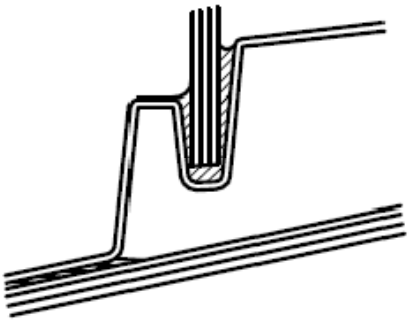
Рис. 5.5.4.1 Типові вузли з'єднання перегородки з зовнішньою обшивкою



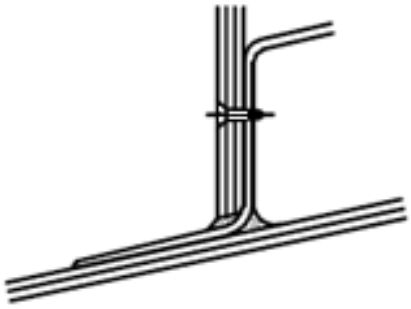
в) приформовування до П-подібного РЖ



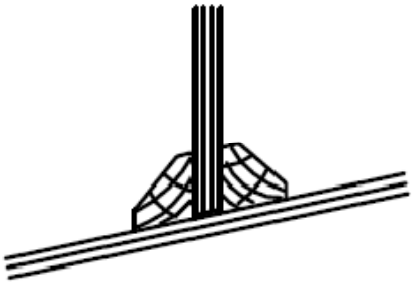
г) приклеювання з обох сторін



д) приклеювання до поверхні з пазом



е) механічне кріплення + приклеювання по поверхні



є) приклеювання через дерев’яний плінтус

Позначення:
b_{W1}, b_{W2} – ширина сторони приформувального кутника;
t_{BHD} – товщина фанерної перегородки

Закінчення рис. 5.5.4.1 Типові вузли з’єднання перегородки з зовнішньою обшивкою

5.5.4.2 З'єднання перегородки із фанери з зовнішньою обшивкою

.1 З'єднання перегородкиіз фанери з зовнішньою обшивкою корпусу та настилом палуби повинне бути структурно ефективним і, по можливості, виконуватися з обох боків.

Як і у випадку будь-якого іншого виду приформовування, вибір клею, підготовка поверхонь, що склеюються і виконання істотно впливають на якість з'єднання.

.2 Повинні виконуватись умови, наведені нижче:

а) ширина сторін приформувального косинця (b_{W1} та b_{W2} на рис. 5.5.4.1) у мм повинна становити ($3 \cdot t_{BHD}$), але не більше 75мм;

б) маса армуючих волокон приформовування в кг/м^2:

$w = (0{,}06 \cdot t_{BHD})$.

Примітки:

1. Значення, що визначаються в підпунктах а) та б) вище, застосовуються для приформовування з обох сторін. Якщо тільки одна сторона з'єднання доступна для приформовування, маса армуючих волокон повинна бути збільшена на 30 ÷ 50%. Для тришарової перегородки із заповнювачем з фанери значення t_{BHD} , що використовується в підпунктах а) та б), є в даному випадку сумою товщин обшивок. Фанерна перегородка також може встановлюватися в момент формування зовнішньої обшивки корпусу або готові РЖ, що сприяє збільшенню запасу міцності з'єднання та ефективності передачі поперечних навантажень.

2. Більший запас міцності означає тут допустиме напруження, що становить 25% від границі міцності (докладніше див. **Додаток Н** цієї частини Правил**)**.

5.5.5 Кріплення елементів внутрішнього оббудовування

5.5.5.1 При з'єднанні з обшивкою корпусу елементів внутрішнього оббудовування, а також банок, рундуків та інших елементів, схильних до атмосферного впливу, товщина шару кожної з двох приформовувань не повинна бути меншою:

• для елементів з одношарового ламінату – 50% тоншого із елементів, що з'єднуються;

• для тришарових панелей – 100% тоншої з обшивок.

Якщо використовується одностороннє приформовування, наведені вище величини необхідно збільшити на 30 ÷ 50%.

5.5.5.2 Маса армуючих волокон приформовування *w* визначається відповідно до **5.5.4.2.2 б).**

5.5.5.3 Типові вузли з'єднання перегородки з обшивкою, показані на рис. 5.5.4.1, застосовні для кріплення елементів оббудовування.

5.5.6 З'єднання ребер жорсткості з обшивкою

5.5.6.1 Загальні положення

.1 Слід зазначити, що вимоги до товщини зовнішньої обшивки або настилу палуби згідно з **3.3** не включають товщину прилеглих фланців П-подібних ребер жорсткості або інших деталей.

.2 З'єднання між елементами конструкції корпусу повинні передавати зусилля, що визначаються в розділі **3** і в **Додатках В ÷ Е** цієї частини Правил, з тим самим або меншим напруженням. Таке з’єднання, як правило, забезпечується приформовуванням, приклеюванням конструкційним клеєм, кріпленням або їх комбінацією. Метод, описаний у **Додатку Н** цієї частини Правил, може використовуватися для оцінки напружень в площині з'єднання.

.3 Згідно з цими розрахунками, вплив з'єднань елементів конструкцій на передачу зусиль необхідно враховувати в залежності від дотичного напруження або деформації зсуву відповідно до наступної класифікації (див. також **3.4.6** та **3.4.7** і табл. 3.4.7.2-1, 3.4.7.2-2) :

а) П-подібні ребра жорсткості, які здатні витримувати навантаження з напруженнями, близькими до σ_d і τ_d і, відповідно до **3.4**, добре передають високі дотичні напруження та деформації зсуву;

б) високі ребра жорсткості, типу банок або флорів, передають помірні дотичні напруження та деформації зсуву;

в) дуже високі ребра жорсткості, такі як перегородки (без урахування навантаження від щогл та іншого обладнання), передають невеликі або помірні дотичні напруження та деформації зсуву.

Вищевикладене пояснює, чому надійність з'єднання поздовжніх балок або флорів, що підтримують баластовий кіль, з обшивкою є більш важливою, ніж з'єднання перегородок з обшивкою.

5.5.6.2 Товщина приформовування для РЖ

Якщо приформовування виконується з матеріалу, однакового зі стінками РЖ, загальна товщина приформовування не повинна перевищувати товщину стінки $t_W/2$. Приформовування повинне виконуватися з обох боків ребра жорсткості.

5.5.6.3 Типові приєднання П-подібного ребра жорсткості

На рис. 5.5.6.3 показано п'ять найбільш поширених типів з'єднань РЖ з обшивкою.

.1 Класичне приформовування П-подібного ребра жорсткості

На рис. 5.5.6.3 а) показаний спосіб приформовування ребра жорсткості армуючої тканиною поверх ребра жорсткості, який рекомендується для стрингерів і поперечних шпангоутів: перший шар має ширину 25мм, наступні шари мінімум на 15мм перекривають попередні при масі армуючих волокон 0,6кг/м^2 для склотканини. Для матеріалу армування іншого, ніж Е-скло, при обчисленні ступеня перекриття може використовуватися метод, описаний у **Додатку Н** цієї частини Правил.

Таке перекриття забезпечує, що кожен наступний шар передає поперечне навантаження безпосередньо від пластини РЖ, а не через попередні шари.

.2 Технологічне приформовування П-подібного РЖ

На рис. 5.5.6.3 б) показаний варіант приформовування, проміжний між способами, показаними на рис. 5.5.6.3 а) та в): «шахове» приформовування означає, що всі шари армуючої тканини мають однакову ширину, рівну в мм сумі зовнішнього периметра поперечного перерізу РЖ + [(2 · 25) + (2 · 15)]. Перший шар має горизонтальний напуск 25мм праворуч від РЖ, другий шар, розташований поверх першого шару, має горизонтальний напуск вліво від РЖ на 25мм і третій шар розташований симетрично відносно вертикальної осі РЖ.

Варіант на рис. 5.5.6.3 в) застосовний при побудові судна з дотриманням високої якості робіт та технології побудови. Його рекомендується застосовувати для стрингерів на суднах з L_H < 12м.

Якість з'єднання значною мірою залежить від кваліфікації виконавців.

Застосування наведених варіантів з'єднання РЖ з обшивкою саме по собі (без підтвердження технологічної та виробничої дисципліни) негарантує надійного з'єднання.

Відповідальність тут лежить на будівельнику.

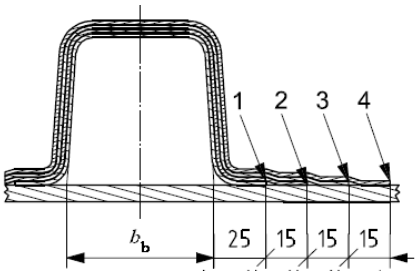
Ширина приформовування або приклеювання визначається згідно **5.5.6.4**.

.3 Приклеювання П-подібних ребер жорсткості до обшивки

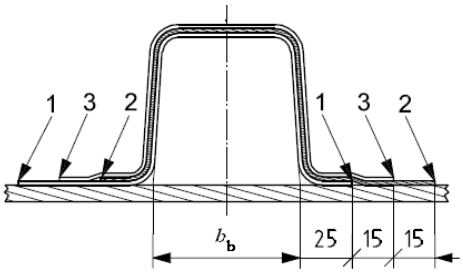
Ребра жорсткості, як правило, встановлюються на сформовану раніше обшивку.

Конфігурація, показана на рис. 5.5.6.3 г), рекомендується для стрингерів на суднах довжиною L_H< 14м, при високій якості робіт і суворому дотриманні технології побудови.

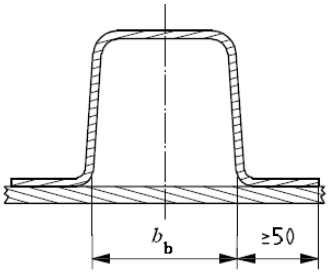
На рис. 5.5.6.3 д) показаний додатковий шар приформовування, що часто додається в районах більш високих напружень, наприклад, для флорів і поздовжніх балок, що підкріплюють баластовий кіль.



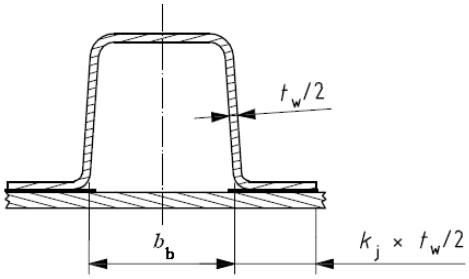
а) класичне приформовування



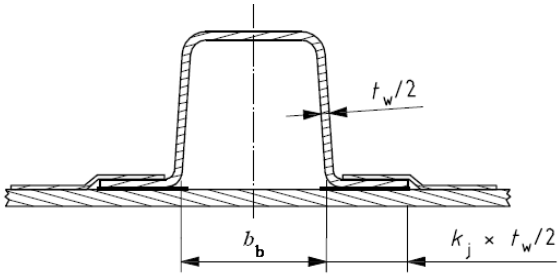
б) приформовування у шаховому порядку



в) формування РЖ одночасно з обшивкою



г) приклеювання РЖ



д) приклеювання РЖ з додатковим приформовуванням

Позначення:

1,2,3,4 – порядок нанесення шарів ламінату;

k_j – коефіцієнт ширини клею;

t_W – загальна товщина стінок

П - подібного РЖ;

b_b - ширина основи РЖ

Рис. 5.5.6.3 Типові з’єднання П-подібного РЖ з обшивкою. Розміри дані в мм.

5.5.6.4 Ширина приформовування або приклеювання

Мета приформовування або приклеювання полягає в передачі дотичних зусиль від пластин до стінок РЖ через зусилля поза шаром або між склеюваними прилеглими фланцями та обшивкою. Докладніше див. **Додаток Е** цієї частини Правил.

Значення, що розраховуються за формулами, наведеними нижче, значною мірою залежать від кваліфікації будівельника, матеріалу та підготовки поверхні. Вони повинні бути підтверджені випробуваннями та досвідом експлуатації.

Зазор між ребром жорсткості та обшивкою також має значення, оскільки елементи жорсткості нелегко точно підігнати до внутрішньої поверхні зовнішньої обшивки. В цьому випадку повинен використовуватися клей, який добре заповнює зазори.

На рисунках 5.5.6.3 в), г) і д) показано ширину приєднання фланців до обшивки b_W.

Коефіцієнт k_j є відношенням ширини контакту до половини суми товщин стінок ребра жорсткості:

$$k_j = b_W/(t_W/2) \qquad (5.5.6.4\text{-}1)$$

Відношення, розраховане за формулою (5.5.6.4-1), повинне бути більшим, ніж мінімальне значення коефіцієнта k_{jmin}, що розраховується як:

$$k_{jmin} = \tau_{dw} / \tau_{db}, \qquad (5.5.6.4\text{-}2)$$

де: τ_{dw} - допустиме дотичне напруження для П-подібного ребра жорсткості або стінки інших видів РЖ, що визначається в розділі **3**, Н/мм^2;

τ_{db} – допустиме дотичне напруження в клеєвому з'єднанні (див. Н.3 **Додатку Н** цієї частини Правил), Н/мм^2.

Отже, мінімальна ширина фланця, що приєднується, b_{wmin} розраховується за формулою (5.5.6.4-3) в мм, але не повинна прийматися менше 50мм:

$$b_{w\,min} = \frac{t_W}{2} \times \frac{\tau_{dw}}{\tau_{db}}\ , \qquad (5.5.6.4\text{-}3)$$

де: $t_W/2$ дорівнює товщині однієї стінки П-подібного ребра жорсткості або половині товщини стінки інших видів РЖ, мм.

У табл. 5.5.6.4 наведено значення k_{jmin} для поліефірного або епоксидного клею чи пасти, отримані за дотримання передової технології побудови суден. Проміжні значення визначаються шляхом інтерполяції. Більш точні чи докладні значення наведено у **Додатку Н** цієї частини Правил.

Розрахунок міцності з'єднань, що склеюються, допускається виконувати вибірково, немає необхідності робити його для кожного ребра жорсткості.

У разі значного навантаження на перекриття (наприклад, з'єднання обшивки днища з флорами, що підкріплюють баластовий кіль), виконується додаткове приформовування за місцем, як показано на рис. 5.5.6.3 д).

Якщо дотичне напруження у стінці ребра жорсткості менше або дорівнює 80% допустимого дотичного напруження поза шаром, значення k_j може бути зменшено наступним чином:

k_j, наведений у табл. 5.5.6.4 або табл. Н.4 **Додатку Н** цієї частини Правилпомножується на відношення фактичного до допустимого напруження в стінці: τ_{aw} / τ_{dw}.

Тим не менш, ширина приєднання не повинна бути меншою за 50мм.

Таблиця 5.5.6.4 **Значення k_{jmin} для приформовування із склотканини**

Матеріал ламінату	Вміст скла у масі ламінату, ψ	Поліефірні або вінілефірні клеї або паста	Епоксидні клей або паста холодного затвердіння
Мат/ровінг/квадроаксіальная	0,35	12	7
Біаксіальна двошарова	0,5	20	11
Мат/ровінг/квадроаксіальная	0,50	14	8
Біаксіальна двошарова	0,50	23	13

5.5.7 З'єднання ребер жорсткості між собою

5.5.7.1 Загальні положення

Зазори в з'єднаннях РЖ між собою повинні бути щільно заповнені волокном (рівницею), просоченим сполучною. Ширина приформовування тканиною і маса армуючих волокон визначаються згідно з **5.5.4.2.2** застосовно до товщини стінки ребра жорсткості $t_W/2$ для П-подібних РЖ і t_W для інших видів ребер жорсткості.

5.5.7.2 З'єднання ребер жорсткості встик

З'єднання ребер жорсткості встик повинно здійснюватися за допомогою приформовування армуючою тканиною поверх ребер жорсткості. Перший шар тканини повинен мати довжину 50мм (по 25мм на кожне РЖ), наступні шари щонайменше на 15мм перекривають попередні по довжині до досягнення значення півтори висоти профілю (див. рис. 5.5.7.2).

Матеріал приформовування повинен бути однаковим із матеріалом ребра жорсткості.

Зазор у стику РЖ не повинен перевищувати 2мм.

З'єднання набору на зламі, наприклад, днищевого та бортового шпангоутів, виконується аналогічно.

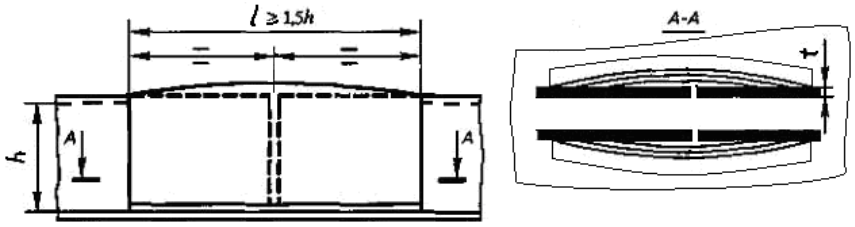
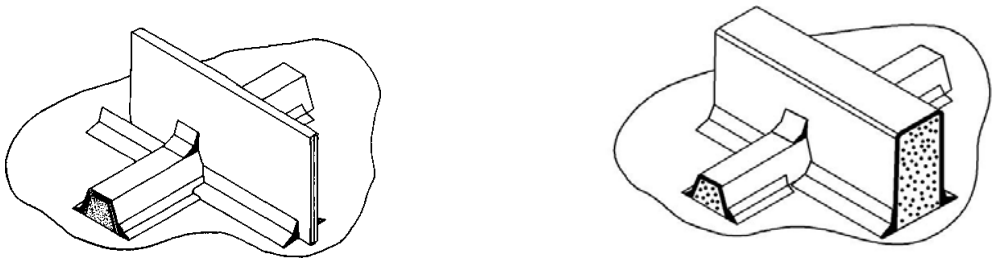


Рис. 5.5.7.2 З’єднання ребер жорсткості встик

5.5.7.3 Перетин ребер жорсткості різної висоти

При перетині ребер жорсткості різної висоти прорізаються високі РЖ, як показано на рис. 5.5.7.3. Низькі ребра жорсткості не розрізаються.



а) високе РЖ із фанери б) високе РЖ П-подібного профілю

Рис. 5.5.7.3 Перетин ребер жорсткості різної висоти

5.5.7.4 Перетин ребер жорсткості однакової висоти

При перетині високих РЖ (рамний набір) однакової висоти з'єднання виконується «в напівріз», як показано на рис. 5.5.7.4.

При перетині низьких ребер жорсткості (основний набір) однакової висоти розрізаються РЖ, що мають більший прогін.

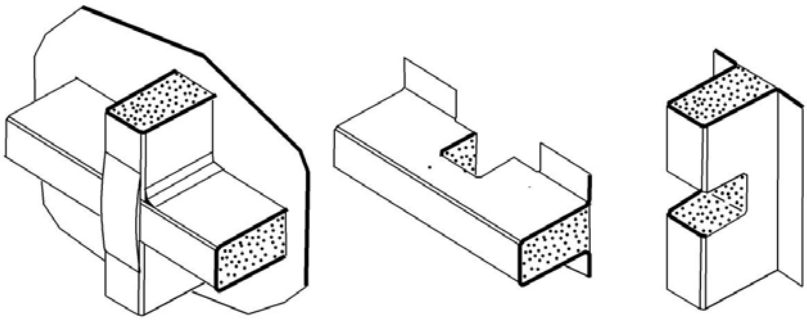


Рис. 5.5.7.4 З'єднання високих РЖ «в напівріз»

5.5.8 Кріплення надбудови

5.5.8.1 При з'єднанні стінок надбудов з корпусом із АВ-пластику застосовуються вимоги до кріплення перегородок згідно з **5.5.4**.

5.5.8.2 З'єднання стінок надбудов із АВ-пластику з палубами з інших матеріалів може здійснюватися кріпленням за допомогою болтів, заклепок, клею і комбінацій із клею і заклепок (болтів). При цьому кріплення може здійснюватися на металевих комінгсах або фланцем безпосередньо до палуби.

5.5.8.3 Заклепки, болти і гвинти, що застосовуються для з'єднань конструкцій із АВ-пластику, повинні бути встановлені згідно з **5.5.3.4**.

Для посилення кромки стінки надбудови у місці з’єднання допускається попередньо армувати металевими пластинами. Див рис. 5.5.8.3.

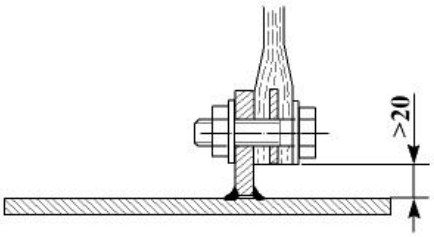


Рис. 5.5.7.4 Механічне з'єднання стінок надбудов із АВ-пластику з металевою палубою.
Розмір даний в мм.

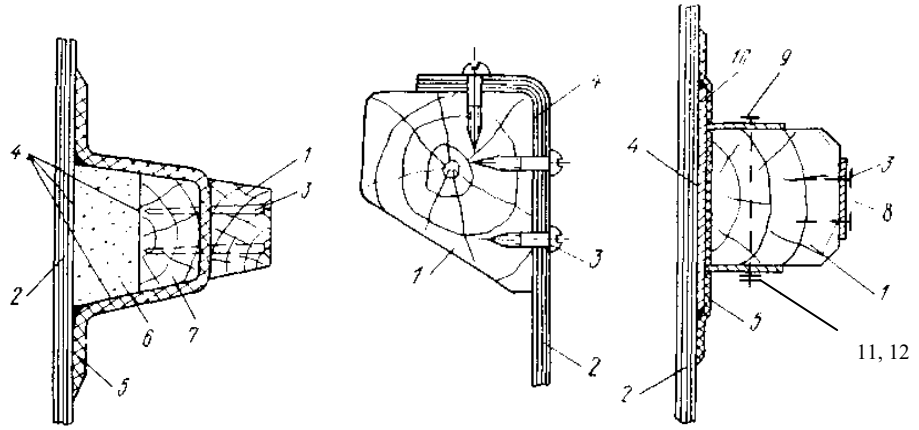
5.5.9 Кріплення привальних брусів

5.5.9.1 Привальні бруси зазвичай розташовують в районі палуби, їх потрібно надійно з’єднувати з корпусом.

5.5.9.2 При виникненні руйнівних навантажень привальний брус та його кріплення не повинні ушкоджувати корпус.

5.5.9.3 На човнах і катерах, що не мають палуби, дерев'яний привальний брус кріплять до фланця борту нижче планшира шурупами, як показано на рис. 5.5.9.3 б).

Для суден довжиною L_H > 6м застосовують кріплення бруса на шурупах до приформованого зовні до обшивки корпусу основи у вигляді П-подібного ребра жорсткості, як показано на рис. 5.5.9.3 а), або на болтах до приформованих до обшивки металевих обойм, як показано на рис. 5.5.9.3 в).



а) б) в)

Позначення: 1 - привальний брус; 2 – борт; 3 – шурупи; 4 – клей; 5 – приформовка; 6 – пінопластовийзаповнювач; 7 – вставка із дерева; 8 –обкуття; 9 – болт; 10 – обойма; 11 – шайба; 12 – гайка

Рис. 5.5.9.3 Вузли кріплення привальних брусів до обшивки борту

5.6 ПОСИЛЕННЯ КОРПУСУ СУДНА ДЛЯ ПЛАВАННЯ В КРИЗІ

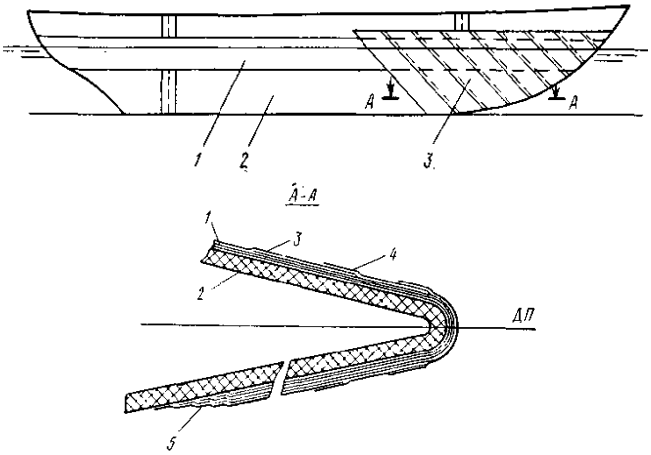
5.6.1 У суден усіх районів плавання, що епізодично самостійно плавають у дрібнобитій кризі, товщиною $t_л \leq 0{,}015L_Н$, м, або за криголамом у каналі битої криги, товщиною $t_{лк} \leq 0{,}01L_Н$, м, обшивка повинна бути посилена, як зазначено у **5.6.3 ÷ 5.6.11**.

Посилення слід призначати стосовно умов плавання. $L_Н$ задається в м.

5.6.2 У суден, призначених для систематичного плавання у більш важких умовах, ніж зазначено в **5.6.1**, повинні бути схвалені Регістром підкріплення корпусу, додатково до необхідних у цьому підрозділі і встановлені залежно від типу, призначення та умов плавання судна.

5.6.3 Судно повинно мати льодовий пояс зовнішньої обшивки, верхня границя якого проходить на 0,5м вище за КВЛ, а нижня - на 0,5м нижче за ватерлінію судна в стані водотоннажності порожнєм.

5.6.4 Льодовий пояс на суднах довжиною 12м $\leq L_Н <$ 20м, та на прогулянкових суднах довжиною 12м $\leq L_Н <$ 24м, виконується у вигляді зовнішньої приформовки на готовий корпус пошарово з ровінгової тканини з останнім шаром з мультиаксіальної тканини, як показано на рис.5.6.4.



Позначення: 1 – горизонтальний пояс; 2 – зовнішня обшивка корпусу; 3 – діагональні пояси; 4 – перекривання шарів; 5 – закінчення шарів

Рис. 5.6.4 Льодовий пояс корпусу із АВ-пластику

5.6.5 Перед приформовуванням зовнішня обшивка в цьому районі повинна бути ретельно зачищена.

5.6.6 Товщина приформовування льодового поясу повинна становити не менше ⅓ товщини ламінату обшивки у цій зоні. Товщина приформовування повинна плавно зменшуватися (сходити нанівець) на ділянках 100мм нагору від нижньої границі і 100мм униз від верхньої границі льодового поясу.

5.6.7 Схема армування приформовування льодового поясу в районі форштевня повинна виключати можливість задирання носової кромки поясу.

З цією метою на форштевні в районі льодового поясу повинне встановлюватися додаткове приформовування з ровінгової тканини з останнім шаром з мультиаксіальної тканини загальною товщиною, що дорівнює товщині льодового поясу, яка повинна перекривати льодовий пояс протягом однієї шпації.

Зменшення товщини додаткового приформовування в корму повинно проводитися починаючи з середини шпації.

5.6.8 За погодженням з Регістром для льодового поясу допускається застосування синтетичних зносостійких матеріалів.

5.6.9 Для суден довжиною L_H < 12м розміри льодового поясу за погодженням з Регістром можуть бути зменшені.

5.6.10 Для суден довжиною 15м ≤ L_H < 20м, та для прогулянкових суден 12м ≤ L_H < 24м, на рівні КВЛ повинен бути встановлений бортовий стрингер.

5.6.11 Для суден довжиною 15м ≤ L_H < 20м, та для прогулянкових суден 12м ≤ L_H < 24м, шпація повинна бути зменшена на 50мм порівняно із зазначеною в табл. 5.3.1.3; при цьому момент опору шпангоутів приймається згідно з **3.4** без урахування зменшення шпації.

6 КОНСТРУКЦІЯ КОРПУСУ З ДЕРЕВА

6.1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

6.1.1 Вимоги цього розділу стосуються конструкцій корпусів із заокругленими обводами, з рейковою обшивкою в один або два шари, або в три діагональні шари, а також з обшивкою зі шпону, сформованого за місцем. Розглядаються також судна з фанери із простою формою корпусу. Інші конструкції дерев'яних суден вимагають окремого розгляду Реєстром.

6.1.2 Вимоги цього розділу можуть бути також застосовані для проектування дерев'яних палуб та фанерних перегородок на суднах з обшивкою з металу, АВ-пластику за умови забезпечення міцного та надійного їх з'єднання з обшивкою.

6.1.3 Деревина, яка використовується для виготовлення корпусних конструкцій, повинна відповідати вимогам **Додатка С** до цієї частини Правил та розділу **3** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Породи деревини, які можуть бути використані для різних конструктивних елементів корпусу дерев'яного судна, показані на рис. 6.2.1-1 і рис. 6.2.1-2, наведені в табл. С.1 **Додатка С** та у розділі **3** частини XII «Матеріали» цих Правил.

6.1.4 Застосування деревини з вищезгаданих таблиць не гарантує, що всі наявні матеріали з цією назвою виявляться відповідними для використання за призначенням, і слід бути обережним, щоб забезпечити досягнення відповідної якості.

6.1.5 У цьому розділі розглядається конструкція корпусу дерев'яного судна, набраного по поперечній системі набору. Допускається застосування змішаної системи набору:

для корпусу – поперечна система, для палуби – поздовжня.

6.2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

6.2.1 Терміни та визначення, що стосуються загальної термінології корпусу судна, наведено у **4.2**.

Додаткові терміни та визначення, що використовуються у цьому розділі, наведені нижче.

Гнутий шпангоут- шпангоут із суцільної деревини, що має після згинання форму обводів корпусу.

Границі $^3/_5$ L судна - зона середньої частини судна, що становить $^3/_5$ довжини *L*, як вона визначена в **1.2.2.3**, і розташована симетрично від міделя до носу та до корми судна, як показано на рис. 6.2.1-1.

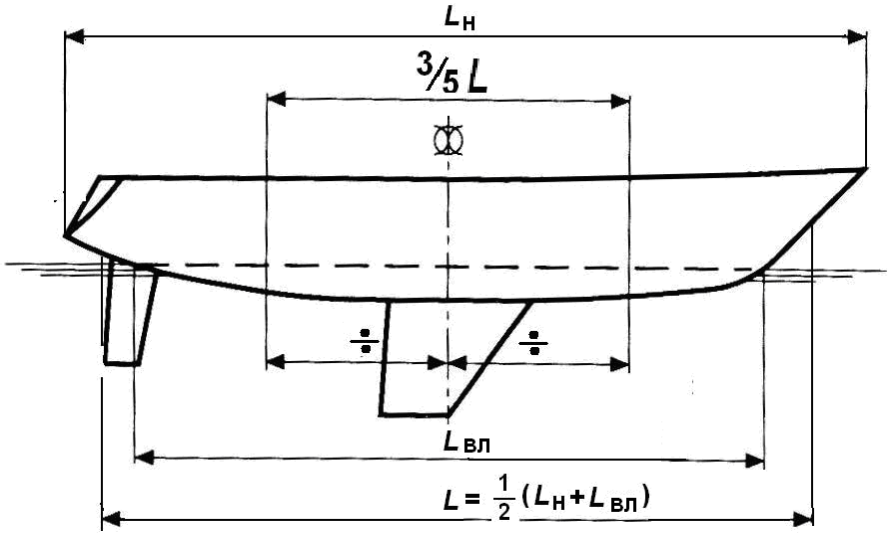


Рис. 6.2.1-1 Границі $^3/_5$ L судна

Закладення – несівні закладні частини корпусу дерев'яного судна (вертикальний кіль, форштевень, ахтерштевень тощо), до яких кріпиться набір та обшивка дерев'яного судна.

Клеєний шпангоут - шпангоут, виготовлений із ламінованої деревини.

Клінкерна обшивка – обшивка з перекриттям країв листів чи дошок.

Ламінована деревина - ламінат, виготовлений з декількох тонких шарів деревини, як правило, однієї породи, з волокнами, розташованими паралельно до довжини деталі. З'єднання шарів виконуються за допомогою клею.

Нагель - дерев'яний або металевий стержень циліндричної форми, що використовується для скріплення частин дерев'яних конструкцій.

Натесаний шпангоут - набірний шпангоут, частини якого вирізані з деревини, що має необхідну кривизну шарів.

Паз - поздовжнє з'єднання між собою листів фанери або дошок.

Поворотний шпангоут – шпангоут, встановлений у кормі нормально до обводів судна для кращої підтримки підзору.

П'ятнерс – отвір у палубі, крізь який проходить щогла, оброблений накладкою із твердого дерева.

Резень-кіль – брус, який встановлюється на кіль усередині судна.

Рейка - дошка, шириною не більше 2-х товщин.

Степс – гніздо для нижнього кінця щогли вітрильного судна, міцно прикріплене до кіля або стрингера судна.

Стик – поперечне з'єднання між собою листів фанери, а також дощок або рейок.

Фальшкіль – бруси або дошки, що прибиваються знизу кіля дерев'яного судна для запобігання ушкодження кіля об ґрунт.

Шпон – шар твердої деревини завтовшки не більше 5мм у готовому стані.

Шпунтовий пояс зовнішньої обшивки – пояс зовнішньої обшивки судна, що примикає до брускового кіля.

Назви інших деталей корпусу судна із деревини показані на рис. 6.2.1-2.

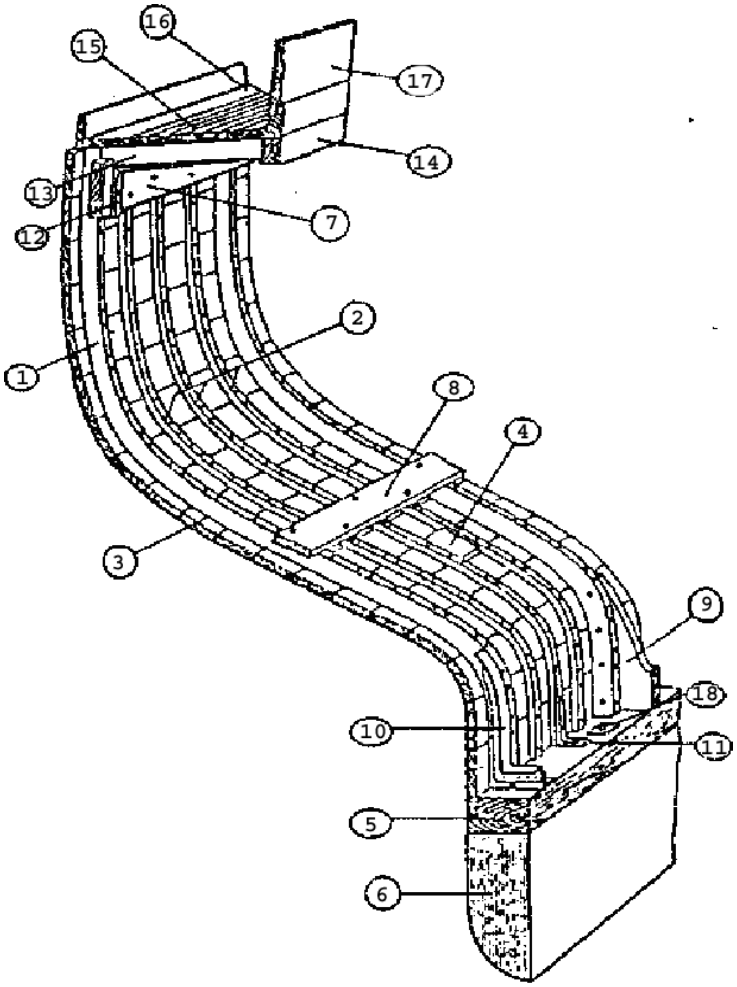


Рис. 6.2.1-2 Розріз по міделю дерев’яного судна

Позначення до рис. 6.2.1-2

1 Натесаний шпангоут
2 Гнутий дерев'яний шпангоут
3 Обшивка
4 Стикова накладка
5 Дерев'яний кіль
6 Баластовий кіль
7 Привальний брус
8 Скуловий стрингер
9 Дерев'яний флор
10 Кутовий флор
11 Полосовий флор
12 Книця
13 Напівбімс
14 Карлінгс
15 Палубний настил
16 Ватервейс
17 Комінгс надбудови
18 Кільовий болт

6.3 УМОВИ ПОБУДОВИ

6.3.1 Перед початком побудови будівельник зобов'язаний погодити з Регістром спосіб зберігання матеріалів і місце монтажу корпусу. Ці умови повинні відповідати вимогам, які Регістр пред'являє до виробників або постачальників матеріалів, необхідних для збереження в процесі побудови їхповної технологічної цінності.

6.3.2 Протягом періоду побудови судно повинне бути надійно захищене від несприятливого атмосферного впливу. Мінімальним захистом, який слід забезпечити, зазвичай є міцний дах, що ефективно захищає від атмосферних опадів місце побудови і простирається за межі довжини та ширини судна.

6.3.3 Якщо широко застосовуються багатошарові клеєні конструкції, то побудова судна повинна проводитись у добре вентильованому приміщенні, де температура підтримується на достатньому рівні, щоб не допустити збільшення вмісту вологи в деревині, яка використовується для побудови судна.

6.3.4 Дерев'яне судно повинне будуватись за умови, що температура підтримується не нижче 10°С до закінчення будівництва.

6.3.5 Поверхні шпангоутів, бімсів, стрингерів, флорів і шельфів, що примикають, повинні бути оброблені одним з типів консервантів деревини, зазначених у **3.5** частині XII «Матеріали» цих Правил.

Якщо застосування клею несумісне з консервантами, поверхні, що склеюються, повинні залишатися сухими і чистими.

6.3.6 Бажано наносити консерванти за допомогою вимочування в розчині або за допомогою пневморозпилювання, а там, де це неможливо, може використовуватися рясне нанесення пензлем. Деревина повинна оброблятись, коли всі роботи з деталлю завершені, але якщо після обробки проводиться різання або свердління, консервант повинен бути рясно нанесений на відкрите дерево додатково.

6.3.7 Усі кромки та поверхні надрізів фанери повинні бути ретельно заізольовані за допомогою клею, оліфи, фарби або іншим придатним складом від проникнення вологи через торці.

6.4 БАЗОВА ДЕРЕВИНА

Зазначені у таблицях підрозділів **6.8 ÷ 6.13** розміри елементів конструкцій передбачають застосування деревини з характеристиками не нижче:

границя міцності при згині - σ_{uf} = 82Н/мм^2;

модуль нормальної пружності – Е = 9500Н/мм^2.

6.5 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕРЕВ'ЯНОГО КОРПУСУ

6.5.1 Загальні положення

6.5.1.1 Розміри елементів конструкції дерев'яних суден, крім зазначених у **6.5.1.2**, повинні визначатися виходячи з розрахункових навантажень, визначених у **2.4**, та вимог розділів **3** та/або **9** і **Додатку D** цієї частини Правил**.**

Повинні також бути виконані вимоги до конструкції корпусу, мінімальним розмірам набору та їх кріплення, наведених у **6.8 ÷ 6.14**.

6.5.1.2 Розміри елементів конструкції водотоннажних дерев'яних моторних, вітрильних, гребних, моторно-вітрильних або вітрильно-моторних суден, призначених для експлуатації в прибережних **2 ÷ 5** районах плавання, визначаються згідно з **6.8, 6.9, 6.11** та **6.13**.

6.5.1.3 Розміри ламінованих деталей повинні вибиратися в залежності від щільності базової деревини без урахування клейового шару.

6.5.1.4 Розміри деталей закладення, днищових і скулових стрингерів, клеєних шпангоутів або бімсів повинні бути такими ж, як і для цільної деревини.

6.6 ДЕРЕВ'ЯНА ОБШИВКА

6.6.1 Зовнішня обшивка

6.6.1.1 Загальні положення

.1 Зовнішня обшивка може бути наступної конструкції:
• з дошок одношарової (вгладь або клінкерної);
• рейкової;
• двошарової;
• діагональної із трьох шарів;
• одношарової фанерної; або
• холодноформованої зі шпону на місці.

.2 У композитних конструкціях дерев'яна обшивка, яка кріпиться до сталевих ребер жорсткості, повинна бути відповідно захищена від безпосереднього контакту з металом.

6.6.1.2 Обшивка із дошок

.1 Товщини одношарової обшивки з дошок у стик встановлюються відповідно до вимог **3.3.4.3** або визначаються згідно з розділом **9**. Обшивка з дошок внапуск може бути на 10% тоншою, ніж вимагається в **3.3.4.3**.

Товщини багатошарової обшивки із дощок встановлюються згідно з розділом **9**.

Обшивка з рейок на нагелях та клеї підлягає окремому розгляду Регістру.

.2 Товщина обшивки корпусу із дощок повинна становити не менше 12мм.

Товщина палуби з рейок повинна становити не менше ніж 14мм для одного шару рейок. Якщо палуба покривається ламінатом, то мінімальна товщина рейок може бути зменшена до 12мм. Мінімальна товщина не залежить від сорту деревини, що застосовується.

.3 Рекомендується, щоб ширина дошок одношарової обшивки b_k становила, мм:

• для зовнішньої обшивки: $b_k = 2{,}25t + 55 \pm 10\%$

• для палуби: $b_k = 0{,}62t + 32 \pm 5\%$,

де: t – товщина дошок відповідно до підпункту **.1**, мм.

.4 Горизонтальні відстані між стиками дошок у сусідніх поясах не повинні бути меншими, ніж:
1,0м – для дошок товщиною до 20мм;
1,2м – для дошок товщиною 20 ÷ 32мм;
1,5м – для дошок товщиною понад 32мм.

Два з'єднання дошок можуть знаходитися в одній вертикальній площині, якщо між ними є три цілі дошки, так як це показано на рис. 6.6.1.2.4.

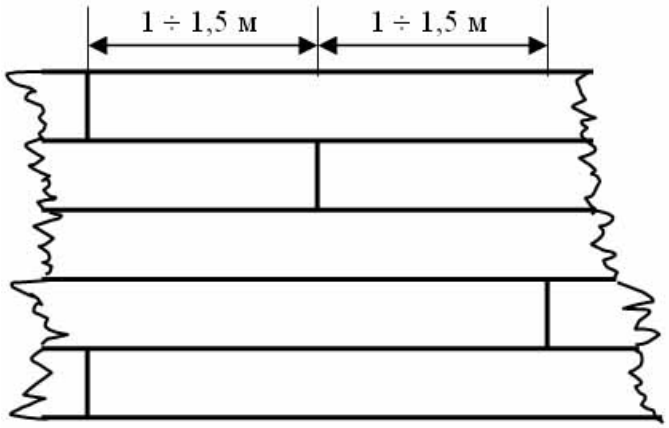


Рис. 6.6.1.2.4 Розташування стиків дошок обшивки/настилу

.5 Стики в шпунтовому поясі повинні розташовуватися якнайдалі від замкових з'єднань у кілі. Стики в ширстреку повинні розташовуватися якнайдалі від стиків у ватервейсі.

.6 Стики у обшивці повинні бути шпунтовими або на накладках.

.7 Дерев'яні або металеві стикові накладки повинні розташовуватися між шпангоутами, але повинен залишатися зазор для стікання води між накладкою і шпангоутом.

Ширина накладок повинна бути достатньою для перекривання сусідніх дошок приблизно на 12мм.

.8 Дерев'яні стикові накладки повинні мати ту саму товщину, що й обшивка.

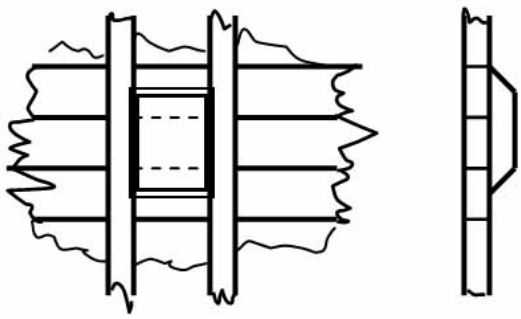
Металеві накладки повинні мати товщину не менше ніж ⅙ товщини обшивки.

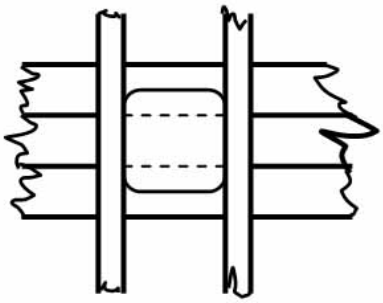
.9 З'єднання дошок за допомогою накладки повинне бути виконане згідно з рис. 6.6.1.2.9 а) або рис. 6.6.1.2.9 б).

Мінімальна кількість металевих елементів кріплення на одну сторону накладки повинна становити не менше:

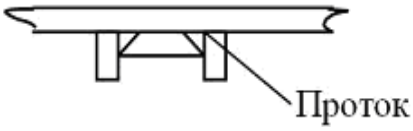
- 3 шт. для дошок шириною до 100мм;
- 4 шт. для дошок шириною 100мм÷ 200мм;
- 5 шт. для дошок шириною 200мм÷ 250мм.

Діаметр деталей кріплення слід приймати за табл. 6.6.1.2.11. Розміри кріплення мають бути такими, як вимагається в табл. 6.6.1.2.11 для кріплення обшивки до шпангоутів.





Альтернативне рішення



а) з’єднання з дерев’яною накладкою

б) з’єднання з металевою накладкою

Рис. 6.6.1.2.9 Посилення стика дошок обшивки за допомогою накладки

.10 З’єднання дошок палуби можна здійснити на бімсі так, як показано на рис. 6.6.1.2.10.

Розміри кріплення мають бути такими, як вимагається в табл. 6.6.1.2.11 для кріплення обшивки до шпангоутів.

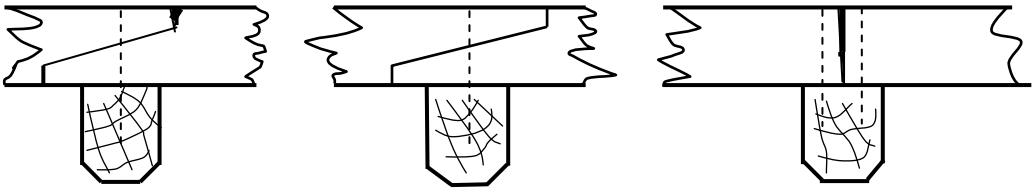


Рис. 6.6.1.2.10 Стик дошок настилу палуби на бімсі

.11 Обшивку з дошок необхідно кріпити до шпангоутів металевим кріпленням.

Розміри кріплення, що кріпить одну дошку до одного шпангоуту, необхідно вибирати за табл. 6.6.1.2.11.

Таблиця 6.6.1.2.11 **Кріплення для зовнішньої обшивки і палубного настилу**

Товщина обшивки, мм	Розміри кріплення					
	Зовнішня обшивка				Палубний настил	
	Натесані, клеєні і сталеві шпангоути			Гнуті шпангоути	Шурупи/ саморізи	Болти
	Болти	Шурупи/ саморізи	Мідні шлюпкові цвяхи	Мідні шлюпкові цвяхи		
	Діаметр, мм	Діаметр, мм	Діаметр, мм	Діаметр, мм	Діаметр, мм	Діаметр, мм
19	5	5	4,5	2,5	4,5	5
20,5	5	5	5	3	5	5
22	6	5	6,5	3,5	5	6
23,5	6	5	6,5	3,5	5	6
25	6	5,5	6,5	3,5	5	6
26,5	6	5,5	6,5	3,5	5,5	6
28	6	5,5	6,5	4,5	5,5	6
29,5	6	5,5	6,5	4,5	5,5	6
31	8	6:5	7,5	5	5,5	6
32,5	8	6,5	7,5	5	6,5	8
34	8	6,5	7,5	5,5	6,5	8
35,5	8	7	7,5	5,5	6,5	8
37	8	7	7,5	5,5	6,5	8
38.5	8	7	7,5	5,5	7	8
40	10	8	9,5	6	7	8
41,5	10	8	9,5	6	7	8
43	10	8	9,5	—	8	10
44,5	10	8	9,5	—	8	10
46	12	8,5	11	—	8	10
47,5	12	8,5	11	—	8	10
49	12	8,5	11	—	8	10
50,5	12	10	12,5	—	8,5	12
52	12	10	12,5	—	8,5	12

.12 Кількість елементів кріплення, які кріплять одну дошку до одного шпангоуту, необхідно вибирати по табл. 6.6.1.2.12.

Таблиця 6.6.1.2.12 **Кількість елементів кріплення дошки обшивки до шпангоута**

Товщина дошки, мм	Ширина дошки, мм				
	До 100	100÷150	150÷180	180÷200	200÷210
до 24	2	2	3	-	-
25÷36	1	2	2	3	-
більше 36	1	2	2	2	3

.13 Дошки обшивки допускається кріпити до кіля та штевнів гвинтами або шурупами, якщо неможливо застосувати болти.

Діаметр елементів кріплення повинен бути не меншим, ніж зазначено в табл. 6.6.1.2.11, а відстань між ними (крок) не повинна перевищувати двадцяти діаметрів.

.14 Довжина шпунтового з'єднання повинна становити не менше восьмиразової товщини обшивки. Шпунтове з'єднання повинне розташовуватися на шпангоуті, проклеюватися і кріпитися до шпангоуту.

.15 На вітрильних і вітрильно-моторних суднах шпунтовий і сусідні пояси повинні розширюватися до корми, щоб забезпечити прийнятний напрямок дошок обшивки, і шпунтовий пояс повинен бути можливо більшої довжини.

.16 Якщо в дошках шириною, зазначеної в табл. 6.6.1.2.12, довжина зрізаних кінців перевищує 250мм, дошка повинна бути врізана в деталь закладки, як показано на рис. 6.6.1.2.16.

Розмір кріплення повинен бути таким самим, як і для шпунтового поясу згідно з підпунктом **.18.**

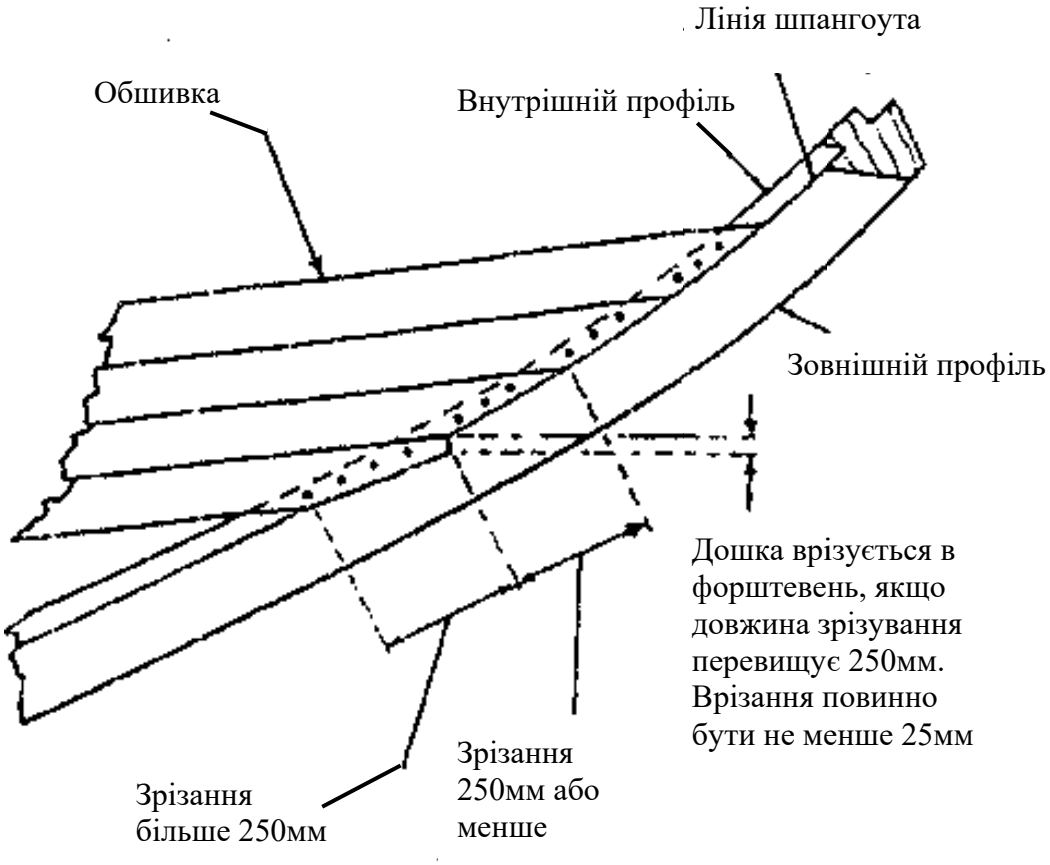


Рис. 6.6.1.2.16 З'єднання одношарової обшивки з закладенням
(при нормальній ширині дошок обшивки)

.17 Якщо застосовується рейкова обшивка, кромки рейок повинні фрезеруватися по радіусу, верхня кромка випуклою, а нижня увігнутою. Кожна рейка повинна бути приклеєна і прикріплена через крайку до нижньої рейки неметалевим кріпленням. Для полегшення монтажу обшивки можуть встановлюватися окремі рейки, що поступово сходять нанівець (втрачені пояси).

.18 Шпунтовий пояс повинен кріпитися шурупами до кіля або резень-кіля. Шурупи повинні мати розміри, які вимагає табл. 6.6.1.2.11 для кріплення зовнішньої обшивки до натесаних шпангоутів. Вони повинні розташовуватися в шаховому порядку на відстані не більше 12 діаметрів один від одного в кожному ряду і заглиблюватися в кіль або в резень-кіль на глибину не менше товщини шпунтового поясу. У районі дейдвуда можна застосовувати комбінацію нагелів та шурупів.

.19 Розмір та кількість кріплення, що з'єднує зовнішню обшивку зі шпангоутами, повинні вибиратися за табл. 6.6.1.2.11 – 6.6.1.2.12.

Тип кріплення залежить від виду шпангоутів наступним чином:

Тип 1: гнуті шпангоути - тільки наскрізне кріплення.

Тип 2: натесані шпангоути, а також

Тип 3: клеєні шпангоути - наскрізне кріплення повинне ставитися на привальному брусі, скуловому (або бортовому) стрингері і кромках дошок, що перекриваються, клінкерної обшивки (на вітрильних і вітрильно-моторних суднах). В інших місцях можна ставити шурупи.

Тип 4: сталеві шпангоути – гвинти з гайками.

Типи 5, 6 та 7: натесані, клеєні або сталеві шпангоути з проміжними гнутими шпангоутами:

з гнутими – як для типу **1**, з натесаними та клеєними – як для типів **2** та **3**, зі сталевими – як для типу **4**.

.20 Якщо в районі щогли встановлені посилені шпангоути, вони повинні кріпитися наскрізним кріпленням.

6.6.1.3 Обшивка з двох шарів дошок

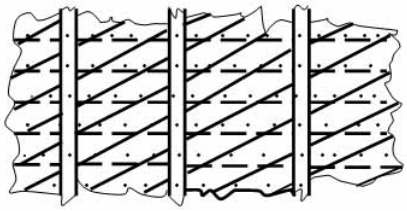
.1 Дошки двошарової обшивки можуть розташовуватися одним з наступних способів, показаних на рис.6.6.1.3.1:

а) внутрішній шар діагонально, зовнішній поздовжньо;

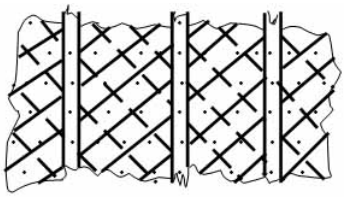
б) обидва шари діагонально;

в) обидва шари поздовжньо.

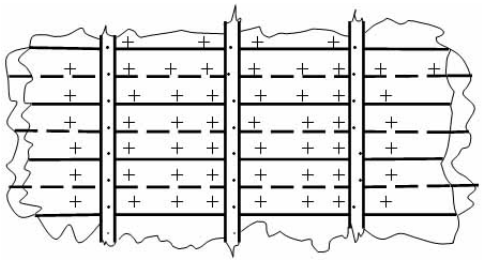
Внутрішній шар повинен кріпитися до шпангоутів шурупами або цвяхами, а зовнішній - наскрізним кріпленням. У конструкціях показаних на рис. 6.6.1.3.1 а) та б), наскрізне кріплення повинно встановлюватися на перетині дошок. У конструкції 6.6.1.3.1 в) внутрішня оболонка з'єднується із зовнішньою шурупами між шпангоутами.



а) внутрішній шар діагонально, зовнішній поздовжньо



б) обидва шари діагонально



в) обидва шари поздовжньо

Рис. 6.6.1.3.1 Способи розташування дошок двошарової обшивки

.2 У конструкціях, показаних на рис. 6.6.1.3.1 а) та б), між шарами повинна бути прокладена просочена олією,шляхом занурення в натуральну оліфу, лляна або полотняна еквівалентна мембрана. Допускається, замість встановлення прооліфленої полотнини, склеювання шарів резорцином. Для конструкції 6.6.1.3.1 в) рекомендується склеювання шарів резорциновим клеєм.

.3 Зовнішній шар обшивки із двох шарів дошок повинен мати товщину 0,5 ÷ 0,6 товщини внутрішнього шару.

.4 З'єднання борту з палубою повинно забезпечувати непроникність ватервейсу. Типові конструкції з'єднання без армування склотканиною показані на рис. 6.6.1.3.4.

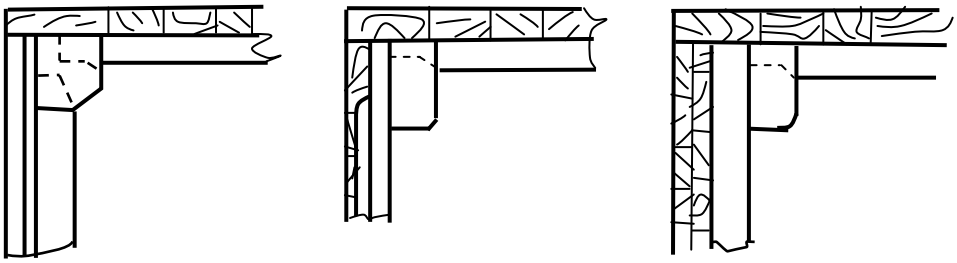


Рис. 6.6.1.3.4 З'єднання борту з палубою із дерева без армування склотканиною

.5 Типові конструкції ватервейсу з армування склотканиною показані на рис. 6.6.1.3.5

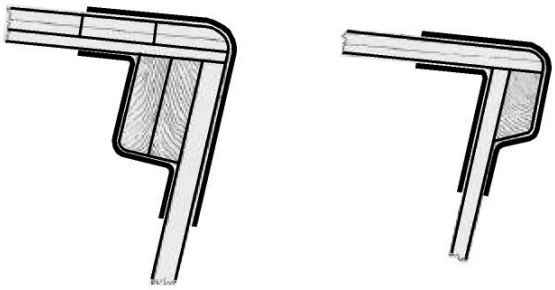


Рис. 6.6.1.3.5 З'єднання борту з палубою із дерева з армуванням склотканиною

6.6.1.4 Обшивка із фанери

.1 Фанерна обшивка застосовується на судах спрощених обводів. Листи фанери повинні бути якомога більшого розміру для мінімізації стиків та пазів обшивки. Стики та пази листів обшивки повинні виконуватися одним із способів:

а) склеюванням зі скосом з посиленням приформовуванням армуючої тканиною або за допомогою з'єднання з накладкою із фанери, що наклеюється;

б) закріпленням на поздовжніх чи поперечних елементах набору.

.2 Вимоги до матеріалу, розмірів та схеми армування накладки на стик повинні відповідати **5.4.3.9.**

.3 Довжина склеювання скосу на стику повинна бути мінімум у 8 разів більша за товщину листа фанери.

.4 Стики та пази з накладкою з фанери повинні задовольняти умови, наведені в табл. 6.6.1.4.4. Накладка повинна бути з тієї ж фанери, що і обшивка та мати таку саму товщину. Шурупи застосовують лише тоді, коли не можуть бути застосовані заклепки.

Таблиця 6.6.1.4.4 **Елементи стику листів фанери за допомогою накладки**

Товщина обшивки, мм	Ширина накладки, мм	Кріплення		
		Кількість рядів на кожному листі	Діаметр мідних заклепок, мм	Діаметр шурупів для дерева, мм
6	150	2 ряди	3	4
8	175	2 ряди	3,5	4,5
10	200	2 ряди	4	5
12	240	2 ряди	4	5
15	280	3 ряди	5	6
18	320	3 ряди	5	6
20	350	3 ряди	5	6

.5 Фанерна обшивка повинна кріпитись до набору корпусу на клею, а також металевим кріпленням. Ширина закладок і діаметр кріплення не повинні бути менше, ніж у табл. 6.6.1.4.5.

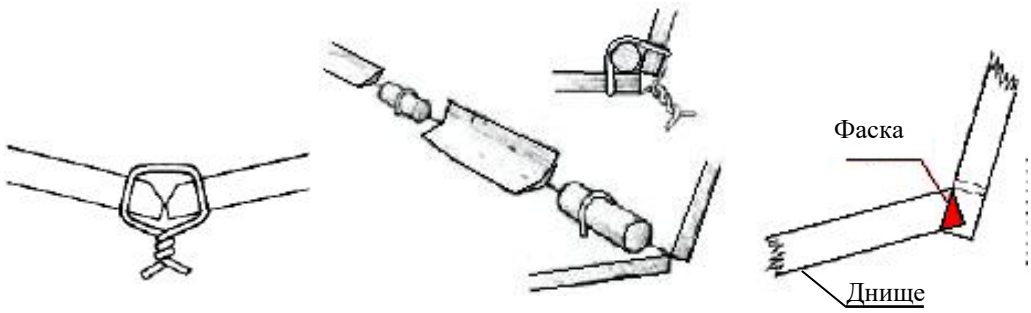
Таблиця 6.6.1.4.5 **Ширина закладок і діаметр кріплення фанерної обшивки при кріпленні до набору корпусу на клею**

Товщина обшивки, мм	Ширина з'єднання обшивки, мм		Діаметр металевого кріплення, мм	
	З кілем або з кутовим стрингером (з врізанням)	З іншими елементами	Мідні заклепки	Шурупи для дерева
6	25 (1 ряд кріплення)	25 (1 ряд кріплення)	3	4
8	28 (1 ряд кріплення)	28 (1 ряд кріплення)	3,5	4,5
10	32 (1 ряд кріплення)	32 (1 ряд кріплення)	4	5
12	40 (2 ряди кріплення)	35 (1 ряд кріплення)	4	5
15	48 (2 ряди кріплення)	42 (2 ряди кріплення)	5	6
18	55 (2 ряди кріплення)	48 (2 ряди кріплення)	5	6
20	60 (2 ряди кріплення)	52 (2 ряди кріплення)	6	6

.6 Крок металевого кріплення не повинен, як правило, перевищувати 75мм.

.7 Фанерна обшивка суден без набору спрощеної форми (див. рис. 5.3.2.5) може виготовлятися методом «зший та склей».

Листи фанери на зламах попередньо скріплюються стяжками із дроту з кроком близько 100мм (див. рис. 6.6.1.4.7). Там, де фанера зазнає значного вигину, наприклад, при стикуванні в носовій частині, крок може бути зменшений. При куті зламу обшивки, близькому до прямого, стяжки кріпляться через дерев'яний валик, як показано на рис. 6.6.1.4.7 б). Для забезпечення щільного з'єднання по кромках можуть зніматися фаски, як показано на рис. 6.6.1.4.7 в). Склеюванні поверхні не повинні покриватися консервантом.



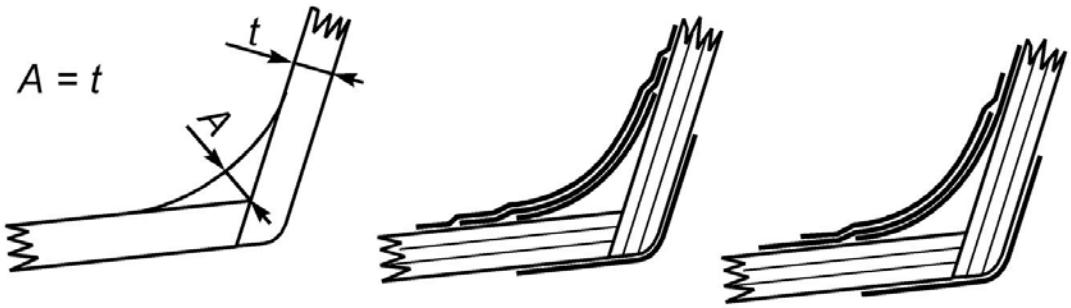
а) злам в районі кіля б) злам на скулі/транці в) зняття фаски

Рис. 6.6.1.4.7 Підготовка до з’єднання кромок обшивки із фанери

.8 Після формування корпусу методом «зший і склей», внутрішня частина стику обшивки заповнюється галтелею з епоксидного сполучного, як показано на рис. 6.6.1.4.8 а). Товщина галтелі А повинна дорівнювати товщині меншого з листів фанери, що з'єднуються.

Для забезпечення форми галтелі у зв’язувальну речовину (сполучну) додається наповнювач. Після затвердіння галтелі стяжки із дроту видаляються, а отвори з-під них заповнюються сполучною. Потім стик армується накладкою з мультиаксіальної тканини, як показано на рис. 6.6.1.4.8 б) або в). Маса армуючих волокон у ламінаті приформовування повинна становити не менше 0,6кг/м^2.

Загальна ширина накладки, в мм, повинна становити ($80B_Н$), де $B_Н$ – ширина судна в метрах. Зовні на стик необхідно накласти полосу шириною 300мм із мультиаксіальної тканини або 3 шари склосітки, щоб згладити нерівності та захистити стик від пошкоджень.



а) розмір галтелі б) класичне приформовування в) шахове приформовування

Рис. 6.6.1.4.8 Виконання галтелі і приформовування стику обшивки із фанери на зламі скули/транцю

.9 За наявності кіля його з'єднання в місці зламу з обшивкою із фанери виконується шурупами з наступним заповненням пазів епоксидним сполучним і приформовуванням армуючою тканиною, як наведено в підпункті **.8**. Приклад кріплення кіля з ламінованої деревини до обшивки наведено на рис. 6.6.1.4.9. Діаметр і крок шурупів визначається за табл. 6.6.1.4.5 і **6.6.1.4.6**.

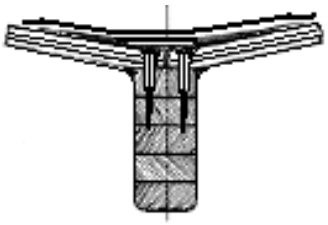


Рис. 6.6.1.4.9 З’єднання кіля з обшивкою із фанери

.10 Типові з'єднання форштевня з ламінованої деревини і обшивки із фанери на клею показані на рис. 6.6.1.4.10. Приформовування армуючої тканини виконується відповідно до підпункту **.8.**

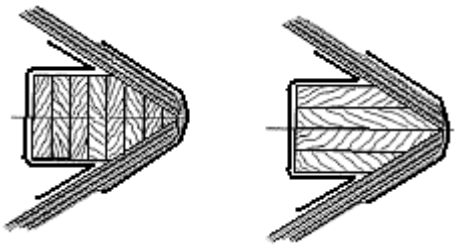


Рис. 6.6.1.4.10 З’єднання форштевня з обшивкою із фанери

.11 З'єднання перегородок та звичайних елементів жорсткості з обшивкою із фанери може виконуватися на клею або приформовуванням з дотриманням застосовних вимог **5.5.4.2**.

6.6.1.5 Діагональна обшивка із трьох шарів деревини

.1 Для виконання клеєної діагональної обшивки рекомендується застосовувати стійку деревину, таку як кедр, макор, агба, іроко. Допускаються також полоси з інших порід листяних дерев, які використовуються для виготовлення водостійкої фанери за умови хорошої консервації.

.2 Товщина окремих смуг обшивки, як правило, повинна знаходитися в межах 5мм ÷ 10мм, за умови, що ці полоси виготовлені шляхом розпилювання деревини, з подальшою обробкою струганням.

Виготовлення полос шляхом відлужування у межах товщин, зазначених вище, не допускається. Ширина полос не повинна перевищувати 125мм.

.3 Товщина внутрішнього, корпусного (як правило, поздовжнього) шару обшивки, що контактує з повітрям, може бути збільшена до 15мм.

6.6.1.6 Ламінована деревина

.1 Шари, що формують багатошаровий матеріал, повинні бути, як правило, з деревини однієї породи та мати однакову вологість. Волокна шарів повинні бути приблизно рівнобіжними довжині деталі. Особливу увагу слід звертати на шаруватість при доборі та комплектуванні деревини.

.2 Там, де це можливо, шари повинні бути безперервними, а якщо це неможливо, шари повинні з'єднуватися на вус і нахил скосу повинен бути не більше, ніж 1 до 10.

.3 Якщо шари згинаються при виготовленні деталей криволінійної форми, товщина кожного шару повинна бути такою, щоб шар не був надмірно напруженим і щоб могло бути досягнуте достатнє міжшарове зчеплення.

.4 Клей, що застосовується, повинен бути резорцинового або фенольно-резорцинового типу.

6.6.1.7 Клеєна обшивка зі шпону, яка сформована на місці

.1 Для виконання обшивки зі шпону рекомендується застосовувати червоне дерево, кедр, макор та агба. Допускається також шпон з інших сортів листяного дерева, які зазвичай використовуються для виготовлення водостійкої фанери, за умови його хорошої консервації.

.2 Товщина та ширина окремих полос шпону, як правило, не повинні перевищувати 3,5мм та 125мм відповідно.

.3 Клеєна обшивка повинна бути виготовлена щонайменше з трьох шарів шпону.

6.6.1.8 Процес склеювання

.1 Деревина повинна бути чистою та сухою, а поверхні, що з'єднуються, належним чином підготовлені та очищені від пилу та жиру. Клей повинен бути нанесений рівномірно, а поверхні, що з'єднуються щільно притиснуті один до одного на час, рекомендований виробником клею, для отримання тонкого і однорідного клейового шва. Повинні використовуватися придатні затиски та інші пристрої, що створюють тиск, і тиск не повинен зніматися доти, поки з'єднання не затвердіє.

.2 Модифіковані сечовино-формальдегіди можуть використовуватися в конструкціях, які не будуть постійно перебувати у зволоженому стані та добре провітрюватися. До таких конструкцій відносяться надбудови та палуба на суднах з дерева та фанери та внутрішні елементи конструкції, що не заливаються водою, на суднах із фанери. Клейові шви в цих конструкціях повинні бути захищені декількома шарами оліфи чи фарби.

.3 Клеї повинні змішуватися та застосовуватися відповідно до інструкцій виробника або постачальника. Особливу увагу необхідно приділяти строгому дотриманню вимог до температури і вологості в робочому приміщенні, застосовності технології для порід деревини, що склеюються, рекомендаціям виробника при роботах з важкою деревиною і впливу консервантів на матеріали.

6.6.1.9 Захисна обшивка корпусу

.1 Замість збільшення товщини дерев'яної обшивки в районах, схильних до значних навантажень і зносу, а також з метою декоративного оздоблення корпусу, може застосовуватися захисна обшивка. Матеріал захисної обшивки корпусу вибирається, як правило, за погодженням із замовником і може складатися з мідних або латунних листів або нержавіючої сталі. Як захисна обшивка може використовуватися склопластик (докладніше див. **Додаток С** цієї частини Правил).

.2 Під мідну або сталеву обшивку повинен підстилатися просочений бітумом папір, повсть або фетр. Листи повинні вирівнюватися для забезпечення щільного контакту обшивки з підстилкою. Вони мають перекривати один одного приблизно на 22мм. Вертикальні напуски повинні бути орієнтовані до корми, а горизонтальні - нагору.

.3 Кріпитися листи повинні цвяхами з того ж матеріалу, що й захисна обшивка, з кроком не більше 40мм по краях листів і з кроком не більше 75мм по вертикалі та 150мм по горизонталі –по всій площі листа між стиками. Обшивка повинна закінчуватися впритул до лінії шпунта і перекриватися по кромках П-подібними листами, що охоплюють штевні та кіль.

.4 Поверхня дерев'яного корпусу під захисною обшивкою повинна бути просочена консервуючим складом і для забезпечення водонепроникності повинна бути попередньо покрита мастикою.

.5 Якщо застосовується покриття склопластиком, слід вжити заходів для забезпечення того, щоб вологість деревини була настільки низькою, наскільки це практично можливо. Усі шви та отвори для кріплення повинні бути заповнені дерев'яними вставками (пробками) або зашпакльовані складом, що підходить для цієї мети згідно з рекомендаціями виробника. Скрізь, де це можливо, склопластик повинен накладатися поверх дерев'яного кіля та дейдвуду до встановлення баластового кіля.

6.7 ПАЛУБНИЙ НАСТИЛ З ДЕРЕВА

6.7.1 Загальні положення

6.7.1.1 Палуби можуть бути утворені:

а) дощатим настилом;

б) фанерою;

в) фанерою, покритою дошками (рейками).

6.7.1.2 Товщина настилу дощатої палуби повинна відповідати вимогам **6.5.1.1**.

6.7.1.3 Якщо використовується тик або інша схвалена деревина, що має щільність, що перевищує 720кг/м^3, товщина настилу може бути зменшена, але не більше ніж на 12%.

6.7.1.4 У випадку використання фанери товщина настилу може бути зменшена на 30%.

6.7.1.5 Якщо фанера покривається дошками (рейками), загальна товщина настилу може бути на 30% меншою за умови, що:

а) середня щільність фанери та покриття становить не менше 430кг/м^3;

б) товщина фанери становить не менше 30% загальної товщини та у будь-якому випадку не менше 6мм; і

в) якщо дощате (рейкове) покриття тонше 19мм, пази повинні бути заповнені еластичною шпаклівкою.

6.7.1.6 Якщо палуба покривається парусиною, нейлоном, склопластиком або іншою схваленою оболонкою, товщина може бути зменшена на 1,5мм.

6.7.1.7 Усі відкриті парусинові шви повинні бути зшиті, а не перекриті та закріплені цвяхами. Кріплення парусини цвяхами може застосовуватися лише, якщо кромки захищені буртиками тощо. Парусина повинна бути рівно покладена на палубу.

6.7.2 Настил палуби з дошок

6.7.2.1 Дошки, по можливості, повинні бути максимально довгими. Окремі дошки можна подовжувати шляхом косого склеювання чи за допомогою накладок. Довжина косого склеювання повинна бути не менше 8 товщин.

6.7.2.2 Матеріал для дощатого настилу повинен бути радіального розпилювання (непаралельність волокон короткій стороні поперечного перерізу дошки не повинна перевищувати 30°).

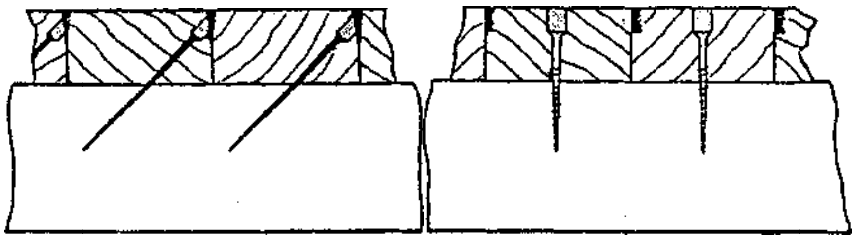
6.7.2.3 Стики повинні розташовуватися на бімсі і з'єднуватися косим замком або замком з конопаткою, якщо ширина бімса недостатня для прямого вертикального стику з конопаткою.

6.7.2.4 Дошки палуби можна кріпити до бімсів заклепками, гвинтами або шурупами для дерева. Діаметри цих елементів кріплення можуть бути на 10% зменшені проти вимог табл. 6.6.1.2.11. Для кріплення дошок палуби можна також використовувати сталеві оцинковані або мідні цвяхи, які забиваються навскіс, довжиною $l_К$ не менше, мм:

$$l_К = 2{,}5t - 1{,}5, \qquad (6.7.2.4)$$

де: t - товщина дошок, мм.

Кріплення дошок палуби шириною менше 100мм і товщиною понад 25мм за допомогою цвяхів та шурупів показано на рис.6.7.2.4.



а) потайне кріплення б) кріплення шурупами

Рис. 6.7.2.4 Кріплення палуби (настил з дошок)

6.7.2.5 Якщо бімсова шпація збільшена, може знадобитися встановлення горизонтальних штифтів (дюбелів) у дошках між бімсами, або проміжних скріпних бімсів.

6.7.2.6 Палубний ватервейс повинен кріпитися шурупами до ширстрека та бімсів. Шурупи вздовж ширстрека повинні встановлюватися, як правило, з кроком не більше 12 діаметрів один від одного.

6.7.2.7 У випадку встановлення сталевих бімсів, кріплення повинне проводитися гвинтами з гайками або шурупами з круглою головкою, що загвинчуються з нижньої сторони бімса. Кількість та розмір гвинтів або шурупів визначаються за табл. 6.6.1.2.11.

6.7.3 Палуба з фанери

6.7.3.1 Настил палуби з фанери повинен набиратися з листів якомога більшого розміру.

6.7.3.2 Стики та пази настилу палуби з фанери повинні виконуватись відповідно до **6.6.1.4.1.**

6.7.3.3 Стики повинні розноситися якнайдалі від стиків бортової обшивки і не повинні знаходитися поблизу щогли.

6.7.3.4 Листи фанери повинні прикріплюватися до набору та по кромках шурупами або мідними заклепками, як вимагається за табл. 6.6.1.4.4. Кріплення по пазах і стиках, що спираються на конструкційні деталі, повинне бути таким, як потрібно для крайок палуби.

6.7.3.5 Якщо настил із фанери укладається на сталеві бімси, у випадку використання стрингерів та сполучних шин повинні встановлюватись прокладки. Ширина прокладок повинна відповідати ширині бімсів, а товщина – товщині шин.

6.7.3.6 Стики та пази фанери повинні бути герметично забиті. Поверх них виконується при формування армуючої тканини. Вимоги до матеріалу, розмірів та схеми армування приформування повинні відповідати **5.4.3.9**.

6.7.4 Фанера, покрита рейковим настилом

6.7.4.1 Листи фанери, покриті рейковим настилом, повинні відповідати вимогам **6.7.3.1 ÷ 6.7.3.3.**

6.7.4.2 Якщо товщина рейкового настилу на фанерній палубі перевищує 50% загальної товщини, повинні виконуватись вимоги **6.7.2.1** та **6.7.2.2**. Настил повинен кріпитися через фанеру до бімсів, як це потрібно для дощатої палуби згідно **6.7.2.4 ÷ 6.7.2.7**.

6.7.4.3 Якщо товщина рейкового настилу менше 50% загальної товщини, стики повинні бути зручно розташовані і кріплення може проходити тільки через фанеру і повинно бути виконане відповідно до **6.7.3.4**.

6.7.4.4 Рейковий настил повинен приклеюватися до фанери резорциновим клеєм.

6.7.4.5 Настил палуби з дошок повинен бути проконопачений і пофарбований, або може бути використаний придатний захисний склад, що наноситься з дотриманням рекомендацій виробника. Дерев'яні штифти повинні ставитися на клею.

6.7.5 Застосування кріплення

6.7.5.1 Повсюдно повинна приділятися особлива увага кріпленню, зокрема, його розміру та розміщенню. Свердління деревини під кріплення повинне виконуватися відповідним чином у залежності від щільності деревини, типу та матеріалу кріплення.

6.7.5.2Усе наскрізне кріплення корпусу і палуби (болти, гайки, шайби тощо) повинно мати скад, подібний зі складом металевих елементів, які воно з’єднує. Якщо це не можливо здійснити, повинна бути встановлена придатна ізоляція для запобігання контакту між різнорідними металами.

6.7.5.3 Якщо судно обшивається міддю або іншими металами, що не містять заліза, застосування сталевого кріплення не допускається.

6.7.5.4 Наскрізні болти повинні бути розклепані на шайбах або прокладках чи повинні кріпитися гайками. Гайки, шайби або прокладки повинні бути з того ж матеріалу, що і болти.

6.7.5.5 Короткі нагелі або цвяхи повинні мати таку ж площу поперечного перерізу, яка потрібна для болтів відповідно до табл. 6.6.1.2.11.

6.7.5.6 Якщо болти проходять через зовнішню обшивку або деталі закладення, під головки повинні встановлюватися лляні або інші придатні ущільнювальні кільця. Отвори під кільові болти та кріплення в закладенні повинні бути оброблені консервуючим складом.

6.7.5.7 Якщо використовуються шурупи, різьбова частина шурупа повинна входити в шпангоут або бімс на глибину, як мінімум, рівну товщині обшивки або палубного настилу.

6.7.5.8 Мідні наскрізні заклепки повинні бути розклепані на шайбах.

6.8 ДЕРЕВ'ЯНІ РЕБРА ЖОРСТКОСТІ

6.8.1 Вимоги до показників жорсткості

У цьому підрозділі регламентуються мінімальні розміри в’язей корпусу дерев’яних суден. Розміри в’язей корпусу, схильних до впливу підвищених навантажень, повинні визначатися розрахунком міцності.

6.8.2 Кіль судна з обшивкою із дошок

6.8.2.1 Мінімальні розміри дерев'яного кіля та розміри елементів кріплення наведені у табл. 6.8.2.1. Необхідна висота повинна зберігатися по всій довжині, а ширина може поступово зменшуватися до кінців, де вона не повинна бути менше, ніж потрібно для форштевня та ахтерштевня.

Мінімальні розміри кіля для суден довжиною *L* менше ніж 6м визначаються згідно з **6.8.2.8**.

Таблиця 6.8.2.1 **Кіль, форштевень, ахтерштевень і кріплення для дерев’яних суден довжиною 6м ≤ *L* < 20м***

Довжина судна, *L*, м	Розміри кіля				Ширина і висота форштевня біля п’ятки, мм		Ширина і висота форштевня біля переднього кінця і ахтерштевня, мм		Діаметр болтів, мм	
	Вітрильні і вітрильно-моторні судна		Моторні судна							
	Висота, мм	Ширина, мм	Мінімальна ширина кіля, мм	Площа поперечного перерізу кіля або кіля і резень-кіля, см^2	Вітрильні і вітрильно-моторні судна	Моторні судна	Вітрильні і вітрильно-моторні судна	Моторні судна	В конструкції закладки	В кільовому замку
6	75	150	70	80	90	75	75	75	10	8
8	90	185	80	130	105	90	90	85	10	8
10	110	220	90	190	120	110	100	95	12	8
12	125	255	105	250	140	125	115	105	14	10
14	140	285	115	310	155	140	125	115	14	12
16	160	320	125	380	170	160	140	125	16	12
18	175	355	140	450	190	175	150	140	18	12
20	195	385	150	520	205	195	165	150	20	14
22	210	410	165	600	220	210	175	160	20	14
24	230	435	180	690	240	230	190	170	20	14

Примітки:

1. Для моторних суден висота кіля не повинна бути менше його ширини, а висота резень-кіля не повинна бути менше подвоєної товщини зовнішньої обшивки.

2. Табличні розміри деталей наведені для деревини стандартної щільності 640кг/м^3. У випадку застосування деревини іншої щільності розміри мають бути пропорційно змінені.

3. *L* – довжина судна, як вона визначена в **1.2.2.3**.

*Застосовується також для прогулянкових суден довжиною до 24м.

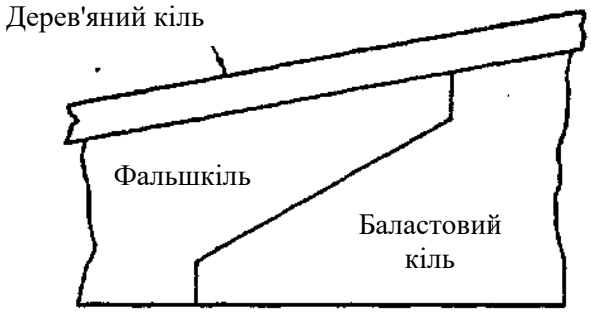
6.8.2.2 У замкових з'єднаннях з болтами в кілі та інших частинах закладки повинні встановлюватися кокси з м'якої деревини по кромках шпунта під дошки обшивки та в інших місцях за погодженням з Регістром. Типові деталі з'єднань показано на рис. 6.8.3.1.

6.8.2.3 Замкові з'єднання в кілі і резень-кілі повинні бути рознесені принаймні на 1,5м, і замок у кілі, якщо він застосовується, не повинен розташовуватися під фундаментом двигуна і, якщо це практично можливо здійснити, під степсом щогли.

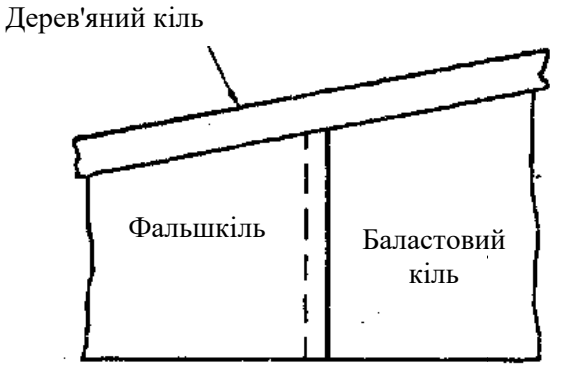
6.8.2.4 Якщо кіль прорізається для проходу шверта, його ширина повинна бути збільшена.

6.8.2.5 Якщо щогла проходить через палубу, її шпор повинен спиратися на придатний степс, що значно простягається вперед та назад. Степс повинен бути міцно з'єднаний з флорами і дерев'яним кілем.

6.8.2.6 Якщо дерев'яний фальшкіль встановлюється за баластовим кілем, повинне бути оформлене відповідне замкове або шипове з'єднання, як показано на рис. 6.8.2.6.



Косий замок



Шипове з'єднання

Рис. 6.8.2.6 Типові з'єднання баластового кіля з фальшкілем

6.8.2.7 Вимоги до конструкції та кріплення баластового кіля із металу наведені в **3.5** та **8.8**.

Кріплення внутрішнього баласту є предметом особливого розгляду Регістром.

6.8.2.8 Розмір кіля, виготовленого з деревини стандартної щільності, для суден довжиною до 6м повинен бути не менше:

.1 Ширина b і площа поперечного перерізу кіля на міделі A, виготовленого з одного бруса, на робочому та риболовному судні повинні бути не менше визначеної за формулами:

$b = 54 + 10L$, мм,

$A = 4600 \cdot (L - 4)$, мм^2;

.2 Ширина b і площа поперечного перерізу кіля на міделі A, виготовленого з одного бруса, на патрульному та прогулянковому судні повинні бути не менше визначеної за формулами:

$b = 42 + 7L$, мм,

$A = 3600 \cdot (L - 4)$, мм^2;

.3 Ширина b та висота кіля на міделі h, виготовленого з одного бруса, на вітрильно-моторному судні повинні бути не менше визначеної за формулами:

$b = 60 + 20L$, мм,

$h = 24 + 10L$, мм,

де: L задається в метрах.

.4 Кіль, склеєний з горизонтальних дошок, може мати переріз на 25% менше від необхідного в підпунктах **.1 ÷ .3**.

6.8.2.9 Ширина кіля в напрямку від міделя до носу і до корми може зменшуватися до розмірів, необхідних для форштевня або ахтерштевня.

6.8.2.10 Якщо довжина L не перевищує 10м, дерев'яний кіль повинен складатися з одного шматка дерева. Для суден більшої довжини кіль повинен бути, по можливості, з одного шматка дерева, але якщо потрібне замкове з'єднання в конструкції закладення, його довжина повинна бути не меншою за шестикратну висоту h будь-якого з елементів закладки. Замок повинен бути із зубом або зі шпонкою при болтовому з'єднанні, як показано на рис. 6.8.2.10 або косий плоский без сходинок при склеюванні. Глибина сходинок повинна бути від ¼ до ⅐ висоти.

Це з'єднання повинне бути з'єднане гвинтами діаметром d не менше визначеного за формулою $d = 3\sqrt{L}, [мм]$, де L задається в метрах.

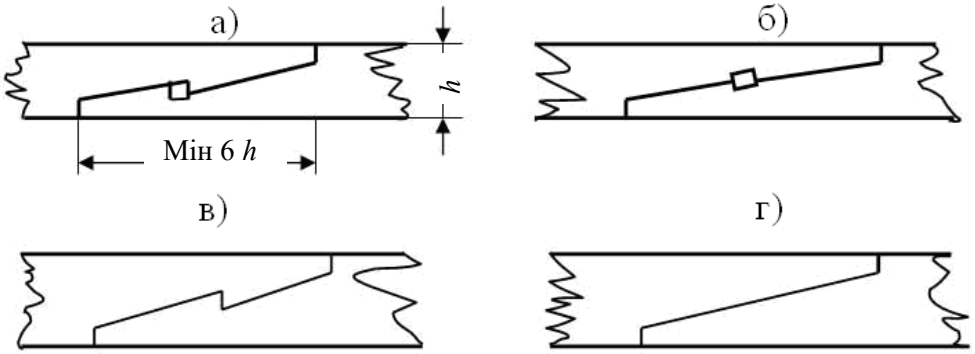


Рис. 6.8.2.10 З'єднання деталей кіля

6.8.2.11 В районі підрізу кіля під дошки обшивки у з'єднанні кіля необхідно передбачити кілки з м'якої деревини для ущільнення з'єднання, як показано на рис. 6.8.2.11.

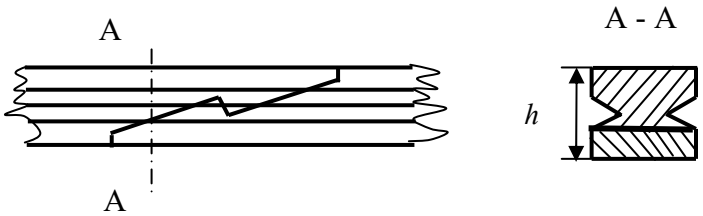


Рис. 6.8.2.11 Кілки для ущільнення з'єднання кіля

6.8.2.12 У районі великих навантажень, наприклад, під шпором щогли, при вузькому плавнику баластового кіля або за наявності швертового колодязя ширину кіля необхідно збільшувати.

6.8.3 Форштевень

6.8.3.1 Поперечні розміри форштевня суден довжиною 6м ≤ L < 20м, а також прогулянкових суден довжиною 6м ≤ L < 24м, наведено у табл. 6.8.2.1. Вони повинні плавно змінюватись від переднього кінця до п'яти. Поперечні розміри в п'яті можуть бути збільшені в залежності від форми п'яти форштевня (грепа), щоб забезпечити надійне замкове з'єднання з кілем, як показано на рис. 6.8.3.1.

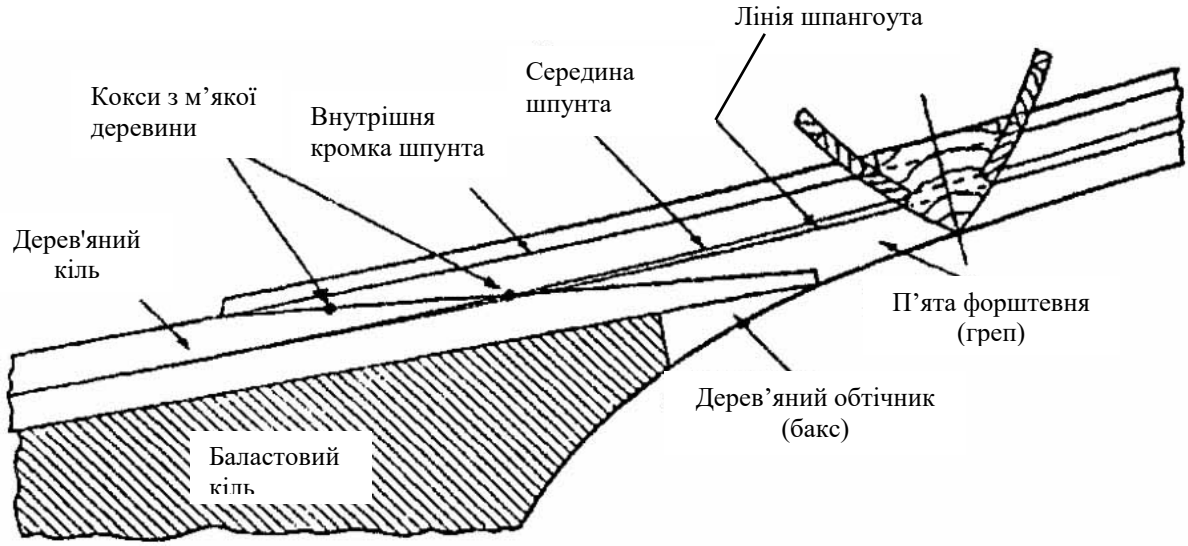


Рис. 6.8.3.1 Типове з'єднання форштевня з дерев'яним кілем.

6.8.3.2 Якщо форма корпусу така, що утворюється великий радіус біля переднього кінця форштевня, необхідно встановити придатну наробку або фасонні вставки, щоб забезпечити достатнє прилягання зовнішньої обшивки.

6.8.3.3 Товщина δ і висота h форштевня в нижній його частині для суден довжиною L до 6м повинні бути не менше, мм:

• для риболовного та робочого судна δ або $h = 27 + 12{,}3L$;

• для патрульного та туристичного судна: δ або $h = 21 + 9{,}5L$;

• для вітрильно-моторного судна: δ або $h = 42 + 9{,}0L$,

де: L задається в метрах.

6.8.3.4 Розміри форштевня біля палуби можуть бути зменшені на 20%. Клеєний форштевень може мати площу поперечного перерізу на 15% менше, ніж вимагається згідно з **6.8.3.3**.

Розміри кріплення наведені у табл. 6.8.2.1.

6.8.4 Ахтерштевень

6.8.4.1 Поперечні розміри ахтерштевня та елементів його кріплення для суден довжиною 6м ≤ L < 20м, а також прогулянкових суден довжиною 6м ≤ L < 24м, наведено у табл. 6.8.2.1.

Ахтерштевень може бути скошений за формою судна, але ширина у кормової кромки заднього шпунта не повинна бути менше, ніж вимагається за табл. 6.8.2.1.

Слід звернути увагу на те, щоб забезпечити достатнього місця для розміщення кріплення зовнішньої обшивки.

6.8.4.2 Нижній кінець ахтерштевня повинен бути з'єднаний з кілем «у шип» або внапуск впівдерева.

Якщо передбачені внутрішній дейдвуд або старнкниця, то вони повинні бути встановлені та міцно з'єднані наскрізними болтами з ахтерштевнем та фальшкілем, як показано на рис. 6.8.4.2.

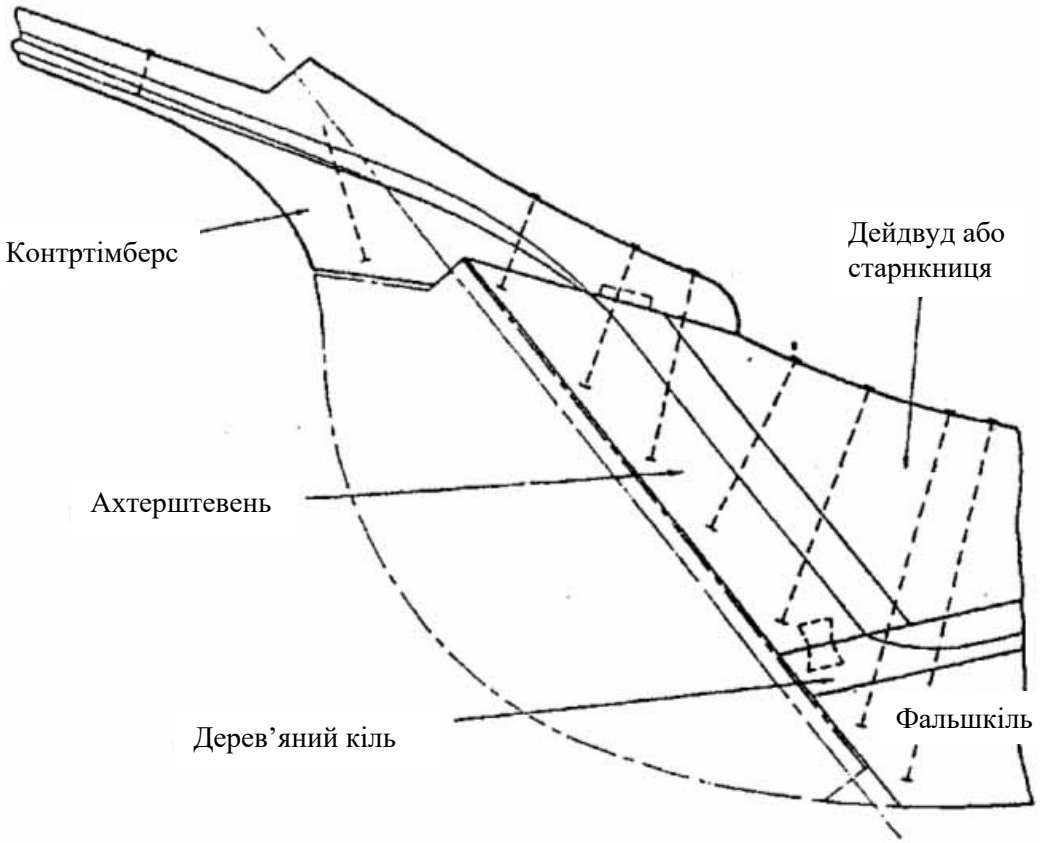


Рис. 6.8.4.2 Типове з'єднання ахтерштевня з кілем і контртімберсом

6.8.4.3 Товщина δ та висота *h* поперечного перерізу ахтерштевня для суден довжиною *L* до 6м не повинні бути не менше, ніж, мм:

• для риболовного і робочого судна: δ або $h = 62 + 7{,}4L$;

• для патрульного і прогулянкового судна: δ або $h = 48 + 5{,}7L$;

• для вітрильно-моторного судна: δ або $h = 42 + 6{,}8L$,

де: *L* задається в метрах.

6.8.4.4 Клеєний ахтерштевень може мати площу поперечного перерізу на 15% менше, ніж передбачено в **6.8.4.3**.

6.8.5 З'єднання елементів набору

6.8.5.1 Книці, що з'єднують штевні з кілем, повинні бути спроектовані так, щоб у жодному місці площа поперечного перерізу головних елементів набору не була меншою за площу поперечного перерізу форштевня або ахтерштевня, згідно з **6.8.3** та **6.8.4**.

6.8.5.2 Елементи головного набору необхідно з'єднувати між собою гвинтами діаметром згідно з табл. 6.8.2.1, але не менше ніж 10мм, якщо $L \leq 10$м.

6.8.5.3 В районі пазів під дошки обшивки, у затесах (теслярських замках) необхідно передбачити м'які дерев'яні ущільнюючі поперечні кілки.

6.8.5.4 Клеєні елементи головного набору судна з обшивкою із фанери або клеєної зі шпону можуть мати поперечні перерізи менше на 20% від визначених згідно **6.8.2.8, 6.8.3.3** та **6.8.4.3**.

6.8.6 Флори

6.8.6.1 Загальні положення

.1 Флори, як правило, необхідно ставити на кожному шпангоуті настільки далеко до носу та до корми, наскільки це практично можливо. За межами середньої частини судна можна ставити флори на кожному другому шпангоуті. На суднах довжиною *L* менше 10м, при застосуванні винятково гнутих шпангоутів, можна за межами середньої частини судна ставити флори на кожному третьому шпангоуті.

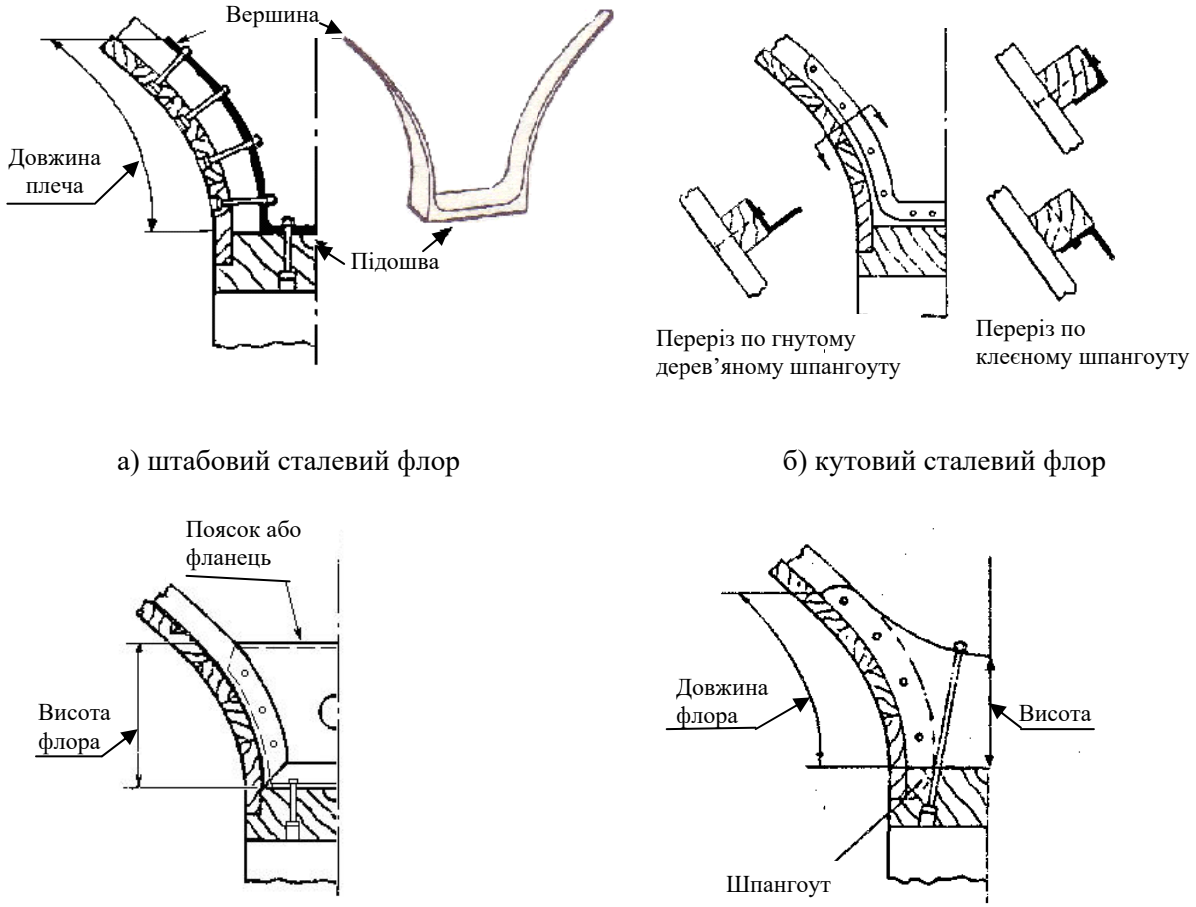
.2 При поздовжній системі набору відстань між флорами не повинна перевищувати подвійної відстані між стрингерами.

.3 Сталеві флори можуть бути трьох видів, див. (рис. 6.8.6.1.3):

а) штабові - зігнуті зі штаби;

б) кутові - виконані із стандартного прокатного профілю;

в) пластинчасті – зварені з листової сталі. Верхня кромка флора з листової сталі повинна мати фланець або вільний поясок чи іншим способом захищена від деформації втрати стійкості.



а) штабовий сталевий флор

б) кутовий сталевий флор

в) пластинчастий сталевий флор

г) дерев'яний флор

Рис. 6.8.6.1.3 Типові конструкції флорів

.4 Висота флорів повинна бути витримана на всій ширині кіля і може зменшуватись у напрямку бортів.

.5 Дерев'яні флори повинні бути витесані з деревини, що має придатну шаруватість, або можуть бути клеєними.

.6 Якщо в кінцевих частинах судна шпангоути безперервні і перетинають закладку, встановлення флорів не потрібне, але, якщо це практично можливо, шпангоути повинні бути з'єднані з закладкою наскрізним кріпленням у двох точках.

.7 У конструкції днища повинні бути передбачені лімбербордові канали або шпігати, необхідні для протоку води.

.8 В залежності від обраного типу шпангоутів повинні встановлюватися флори наступних типів:

Тип 1. При гнутих шпангоутах:

а) сталеві штабові флори:

- в межах ⅗*L* - на кожному шпангоуті;

- в межах ⅗*L*, якщо висота борту *D* не перевищує 2,7м у вітрильних та вітрильно-моторних суден, або 2,4м у моторних – на кожному другому шпангоуті;

- в інших районах судна – на кожному третьому шпангоуті;

б) сталеві кутові флори, розміщені, як і штабові флори за варіантом а).

Встановлення дерев'яних флорів у комбінації з гнутими шпангоутами повинне бути розглянуто особливо.

Тип 2. При натесаних шпангоутах та

Тип 3. При клеєних шпангоутах:

а) дерев'яні флори кожному шпангоуті;

б) сталеві флори на кожному шпангоуті, які можуть бути пластинчастими, штабовими або кутовими.

Тип 4. При сталевих шпангоутах: сталеві пластинчасті флори на кожному шпангоуті.

Типи 5 та **6**. При натесаних, клеєних або сталевих шпангоутах з одним або двома гнутими шпангоутами:

а) на натесаних та клеєних шпангоутах - флори як для типу **2**;

б) на сталевих шпангоутах – флори як для типу **4**;

в) на гнутих шпангоутах – флори як для типу **1** у межах ⅗*L* середньої частини судна.

Якщо висота борту *D* не перевищує 2,4м, флори не вимагаються на гнутих шпангоутах за межами ⅗*L* середньої частини судна.

Тип 7. При натесаних, клеєних або сталевих шпангоутах з трьома гнутими шпангоутами: флори як для типів **5** і **6**, але флор, як потрібно для типу **1**, повинен бути встановлений на середньому гнутому шпангоуті.

6.8.6.2 Розміри і конструкція флорів

.1 Розміри флорів повинні відповідати наведеним у табл. 6.8.6.2.1, а довжина плечей тощо. повинна вимірятися як показано на рис. 6.8.6.1.3. В кінцевих частинах судна довжина плечей може не перевищувати однієї третини довжини шпангоуту.

Таблиця 6.8.6.2.1 **Розміри флорів корпусу суден із дерева**

Висота борту, *D*, м		**Флори при натесаних і клеєних шпангоутах**						
Моторні судна	**Вітрильні і вітрильно-моторні судна**	**Довжина плеч, мм**		**Сталеві штабові флори, мм**		**Дерев'яні флори по середній лінії, мм**		**Сталеві кутові флори, мм**
		В межах ⅗*L* середньої частини судна	**В кінцевих частинах замежажи ⅗*L* середньої частини судна**	**Біля підошви**	**Біля вершини**	**Висота *h***	**Ширина *b***	
1,5	1,8	380	250	25×10	20×10	55	25	30×30×5
1,8	2,1	430	300	35×13	30×10	75	35	35×35×5
2,1	2,4	480	350	45×16	40×10	95	45	45×45×5
2,4	2,7	530	390	50×19	45×10	115	55	50×50×5
2,7	3,0	580	430	55×22	50×12	135	62	55×55×6
3,0	3,3	630	480	62×25	53×14	155	70	65×65×7
3,3	3,6	680	530	70×28	56×16	170	80	75×75×7
3,6	3,9	730	570	75×31	60×18	185	90	80×80×7
3,9	4,2	780	620	80×31	63×20	200	100	90×75×7

Закінчення таблиці 6.8.6.2.1 **Розміри флорів корпусу суден із дерева**

Висота борту, *D*, м		**Флори при гнутих шпангоутах**				**Сталеві пластинчасті флори при натесаних або сталевих шпангоутах, мм**	
Моторні судна	**Вітрильні і вітрильно-моторні судна**	**Довжина плеч, мм**	**Штабові флори, мм**		**Сталеві кутові флори, мм**	**В межаж ³⁄₅*L* середньої частини судна**	**В кінцевих частинах замежажи ³⁄₅*L* середньої частини судна**
			Біля підошви	**Біля вершини**			
1,5	1.8	250	25×6	15×6	25×25×5	150×3	110×3
1,8	2,1	300	25×9	17×6	25×25×5	190×3	140×3
2.1	2,4	350	25×12	19×6	30×30× 5	230×4	170×4
2,4	2.7	390	27×12	21×6	35×35×5	260×4	190×4
2,7	3,0	430	29×15	24×6	40×40×4	280×4	210×4
3,0	3,3	480	32×16	26×6	40×40×4	300×5	230×4
3,3	3,6	530	35×17	29×6	40×40×4	320×5	240×4
3,6	3,9	—	—	—	—	340×6	250×5
3,9	4,2	—	—	—	—	360×6	260×5

Примітка:

Табличні значення поперечних розмірів дерев'яних флорів стосуються деревини, що має стандартну щільність 720 кг/м^3 , і якщо використовується деревина іншої щільності, поперечні розміри повинні бути відповідно змінені.

.2 Поперечний переріз біля кінців плечей не повинен бути менше половини, наведеної в табл. 6.8.6.2.1, величини для середини флора.

.3 Якщо болти, що кріплять баластовий кіль, проходять крізь дерев'яні флори, ширина флорів по всій ширині кіля не повинна бути не менше 3,5 діаметрів болтів. Вона може бути поступово зменшена до значення, що вимагаються цією частиною Правил, до кінців флорів.

Див. також вимоги **8.8.4.1.3**.

.4 Кутові сталеві флори повинні кріпитися поверх гнутих шпангоутів, теж саме рекомендується у випадку кріплення кутових флорів до натесаних шпангоутів.

.5 Якщо кутові флори кріпляться до натесаних шпангоутів, рекомендується їх встановлювати так, щоб шпангоут входив усередину кутника для кріплення підошви флора до кіля.

.6 Сталеві пластинчасті флори повинні бути посилені по верхній кромці зворотнім кутником, пояском або фланцем, що мають таку ж ширину, яку вимагають ці Правила для сталевого кутового флора. Товщина флора з фланцем повинна бути збільшена на 10%. Днищовий кутник біля кіля повинен бути на 2,5мм товстіше флору, а ширина його полки повинна бути достатньої для проходу болтів кріплення баластового кіля або підошви флора до кіля.

.7 У машинних відділеннях моторних суден сталеві пластинчасті флори повинні бути посилені полкою по верхній кромці, а товщина флорів повинна бути збільшена на 1мм у порівнянні з необхідною за табл.6.8.6.2.1.

.8 При визначенні необхідного моменту опору для флорів у районі від носої частини судна до баластового кіля, або від носової частини судна до міделя (для моторних суден) необхідно приймати їхню довжину не менше ніж 0,4*B*. Подібні вимоги стосуються і флорів біля району встановлення двигуна.

Ні в якому разі момент опору флора не може бути меншим моменту опору прикріпленого до нього шпангоута.

6.8.6.3 Кріплення флорів

.1 Кріплення флорів повинне виконуватися в залежності від висоти борту судна згідно з табл. 6.8.6.3.1 і вимог підпунктів **.2** і **.3**.

Таблиця 6.8.6.3.1 **Розміри кріплення флорів на суднах із дерева**

Висота борту, *D*, м		**Діаметр болтів біля підошви, мм**		**Діаметр болтів в плечах, мм**	
Моторні судна	**Вітрильні і вітрильно-моторні судна**	**Натесані, клеєні або сталеві шпангоути**	**Гнуті шпангоути**	**Натесані, клеєні або сталеві шпангоути**	**Гнуті шпангоути**
1,5	1,8	8	6	6	6
1,8	2,1	10	8	8	6
2,1	2,4	12	8	8	6
2,4	2,7	12	10	10	8
2,7	3,0	14	12	12	8
3,0	3,3	18	12	12	10
3,3	3,6	20	12	12	10
3,6	3,9	20	14	14	12
3,9	4,2	20	16	16	12

Примітки:
1. Підошва до кіля: не менше 2 болтів (див. **6.8.6.3.2**),
2. Плечі до шпангоутів: 3 болти, якщо довжина плеча не більше 250мм;
4 болти, якщо довжина плеча перевищує 250мм.

.2 Підошва кожного флора повинна бути з'єднана з кілем щонайменше двома болтами діаметром*d* не меншим ніж 8мм, а також не меншим ніж, який визначено за формулою, мм:

$$d = 6{,}7D - 4 \qquad (6.8.6.3.2\text{-}1)$$

Якщо застосовані гнуті шпангоути, то діаметр цих болтів *d* повинен бути не менше ніж 6мм і не більше ніж 12мм, а також не меншим ніж, який визначено за формулою, мм:

$$\mathrm{d} = 4{,}5D - 2, \qquad (6.8.6.3.2\text{-}2)$$

де: *D* – висота борту судна, м.

.3 Флори необхідно з'єднувати із шпангоутами болтами діаметром *d,* визначеним за формулою (6.8.6.3.2-2), але не менше 6мм.

Для з'єднання флорів із гнутими шпангоутами можна використовувати болти діаметром *d* не меншим ніж 6мм, а також не меншим ніж, який визначено за формулою, мм:

$$d = 3{,}3D - 1, \qquad (6.8.6.3.3\text{-}3)$$

де: *D* – висота борту судна, м.

Якщо довжина з'єднання шпангоута з флором не перевищує 250мм, то необхідно застосовувати 3 болти, якщо з'єднання перевищує 250мм – 4 болти.

6.8.7 Шпангоути

6.8.7.1 Загальні положення

.1 Корпус повинний бути забезпечений ефективною системою бортових і днищових шпангоутів у поєднанні із стрингерами, перегородками або рамними шпангоутами для забезпечення поперечної жорсткості.

.2 Усі шпангоути повинні бути відмалковані або відформовані для щільного прилягання до обшивки.

.3 Якщо п'яти шпангоутів закінчуються на елементах закладення, то вони повинні бути врізані в закладення і прикріплені до нього, якщо не встановлені флори на кожному шпангоуті.

.4 Можуть використовуватися наступні типи шпангоутів, при обмеженнях, наведених у підпункті **.9**:

Тип 1: тільки гнуті шпангоути

Тип 2: тільки натесані шпангоути

Тип 3: тільки клеєні шпангоути.

Тип 4: тільки сталеві шпангоути.

Тип 5: натесані, клеєні або сталеві шпангоути з одним гнутим шпангоутом у проміжках.

Тип 6: натесані, клеєні або сталеві шпангоути з двома гнутими шпангоутами в проміжках.

Тип 7: натесані, клеєні або сталеві шпангоути з трьома гнутими шпангоутами в проміжках.

Інші типи шпангоутів повинні розглядатися Регістром окремо.

.5 Біля району щогли на вітрильно-моторних суднах необхідно застосовувати посилені шпангоути:

- при конструкції з гнутими шпангоутами ширину трьох шпангоутів необхідно збільшити на 60%, або замість них застосовувати клеєні чи сталеві шпангоути;

- при конструкції з клеєними шпангоутами, або шпангоутами, що вирізаються, ширину трьох шпангоутів необхідно збільшити на 50%;

- при конструкції з клеєними або сталевими шпангоутами, які встановлені по черзі з гнутими шпангоутами, ширину трьох клеєних шпангоутів або шпангоутів, що вирізаються, необхідно збільшити на 50%, або установити зворотні книці чи полоси на трьох сталевих шпангоутах.

.6 З'єднання окремих частин шпангоутів, що вирізаються, (для обшивання із фанери) повинні бути більш міцними від самих шпангоутів.

.7 Системи набору альтернативні перерахованим у підпункті **.5** повинні розглядатися особливо.

.8 Якщо висота борту судна *D* перевищує 3,6м для вітрильних і допоміжних суден або 3,0м для моторних суден, шпангоути повинні бути типу **2, 3** або **4**.

Тип **1** застосовується для суден з висотою борту *D* не більше 3,0м для вітрильно-моторних або 2,7м для моторних суден.

.9 Розміри поперечного перерізу і шпація різних типів шпангоутів наведені в табл. 6.8.7.1.9.

Таблиця 6.8.7.1.9 **Розміри шпангоутів для суден з корпусом із дерева**

Висота борту *D*, м		**Тип 1 Тільки гнуті шпангоути**			**Тип 2 Тільки натесані шпангоути**				**Тип 3 Тільки клеєні шпангоути**		
						Висота, мм					
Моторні судна	**Вітрильні і вітрильно-моторні**	**Ширина, мм**	**Висота, мм**	**Шпація, мм**	**Ширина, мм**	**У п'ятки**	**У верхній частині**	**Ширина, мм**	**Ширина, мм**	**Висота, мм**	**Шпація, мм**
1,5	1,8	24	19	155	24	31	24	205	25	25	205
1,8	2,1	34	25	170	34	40	31	225	31	34	230
2,1	2,4	40	30	185	42	50	37	250	37	43	250
2,4	2,7	48	36	200	52	61	46	275	43	51	275
2,7	3,0	56	40	215	62	74	55	300	50	61	300
3,0	3,3	65	45	225	72	87	65	325	57	74	325
3,3	3,6	—	—	—	81	100	4.30	350	62	87	350
3,6	3,9	—	—	—	90	117	98	375	69	105	375
3,9	4,2	-	-	-	100	140	117	400	78	126	400

Закінчення таблиці 6.8.7.1.9 **Розміри шпангоутів для суден з корпусом із дерева**

Тип 4. Тільки сталеві шпангоути			Типи 5, 6 і 7. Комбінація натесаних, клеєних і сталевих шпангоутів з проміжними гнутими шпангоутами					Висота борту *D*, м	
Шпангоути			Проміжні дерев'яні шпангоути		Шпація натесаних, клеєних і сталевих шпангоутів				
Поперечні розміри, мм	Момент опору, см^3	Шпація, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Один гнутий шпангоут в проміжку Тип 5	Два гнутих шпангоути в проміжку Тип 6	Три гнутих шпангоути в проміжку Тип 7	Моторні судна	Вітрильні і вітрильно-моторні судна
30×30×3	0,7	205	25	20	365	470	545	1,5	1,8
30×30×3	0,8	230	31	23	405	505	580	1.8	2,1
35×35×4	1,2	250	37	26	440	540	620	2,1	2,4
45×45x4,5	2,0	275	40	29	475	580	655	2,4	2,7
50×50×5	3,0	300	43	33	515	620	695	2,7	3,0
60×60×5,5	4,9	325	47	37	565	665	745	3,0	3,3
65×65×8	7,9	350	50	43	620	725	800	3,3	3,6
75×65×8,5	11,5	375	—	—	—	—	—	3,6	3,9
85×65×8,5	14,6	400	—	—	—	—	—	3,9	4,2

Примітки

1. Щодо обмежень у використанні шпангоутів типів **1, 5, 6** і **7** див. підпункт **.8.**

2. Табличні значення поперечних розмірів дерев'яних шпангоутів стосуються деревини, що має стандартну щільність 720кг/м^3, і якщо використовується деревина іншої щільності, поперечні розміри повинні бути відповідно змінені.

3. Шпація, наведена в таблиці, вимірюється від центру до центру шпангоутів або, для сталевих шпангоутів, між стінками кутових профілів.

4. Якщо прийняті шпангоути типів **5, 6** і **7**, поперечні розміри натесаних, клеєних або сталевих шпангоутів повинні бути такими, як потрібно для типів **2, 3** або **4** відповідно.

.10 Середня висота натесаних, гнутих і клеєних шпангоутів ні в якому разі не повинна бути менше двох третин фактичної ширини, за винятком випадків, коли потрібно збільшення ширини відповідно до підпункту **.5** вище. У всіх випадках ширина повинна бути достатньою для використання необхідного кріплення.

.11 Якщо шпація сталевих шпангоутів відрізняється від наведеної в таблиці. 6.8.7.1.9, момент опору повинен бути змінений у прямій пропорції.

.12 Поперечні розміри, визначені за табл. 6.8.7.1.9, повинні зберігатися в межах ⅗*L* у середній частині судна. До носової частини та до кормової частини судна від цієї зони розміри можуть бути зменшені таким чином:

• гнуті або клеєні шпангоути – ширина на 10%;

• натесані шпангоути – висота біля п'яти та ширина біля верхнього кінця і у п'яти на 20%;

• сталеві шпангоути – товщина на 10%.

.13 Якщо встановлюється внутрішній твердий баласт, може знадобитися збільшення міцності шпангоутів.

6.8.7.2 Натесані шпангоути

.1 Натесані шпангоути для додання їм потрібної форми повинні бути вирізані з деревини, що має необхідну кривизну шарів.

.2 Ширина кожного натесаного шпангоуту повинна бути однаковою по всій його довжині, а висота повинна плавно зменшуватися від п'яти до верхнього кінця.

.3 Натесані шпангоути можуть зрощуватися у стик або у шпунт. Шпунтові з'єднання повинні бути проклеєні і мати довжину не менше шестикратної ширини. При з'єднання у стик стики повинні бути щільно пригнані і встановлені бічні накладки. Накладки повинні мати площу перерізу не менше, ніж шпангоут, а довжину не менше дванадцятиразової ширини шпангоуту.

Накладки повинні бути з'єднані зі шпангоутом наскрізним кріпленням не менше, ніж у трьох точках з кожної сторони стику, і щільно пригнані до обшивки.

6.8.7.3 Гнуті шпангоути

Ширина і висота гнутих шпангоутів повинні бути однаковими по всій довжині шпангоуту. Кожен шпангоут повинен бути суцільним від кіля до планширу і, якщо форма придатна, може бути безперервним від планширу до планширу.

6.8.7.4 Клеєні шпангоути

Деревина і клей, які використовуються для клеєних шпангоутів, повинні відповідати вимогам розділу **3** частини XII «Матеріали» цих Правил.

6.8.7.5 Рамні шпангоути

.1 При поздовжній системі набору корпусу судна із фанери або клеєного зі шпону необхідно встановлювати рамні шпангоути, які в цьому випадку є вільними шпангоутами, до яких застосовуються вимоги **5.3.3.4**.

.2 Рекомендована шпація між рамними шпангоутами *s* повинна становити не більше, ніж визначена за формулою, м:

$$s = 0{,}05L + 0{,}2, \qquad (6.8.7.5.1)$$

де: *L* задається в м.

У будь-якому випадку шпація рамних шпангоутів *s* повинна дорівнювати, м:

$s = L/6$, але не більше ніж 2,0м.

.3 Рамні шпангоути, якіз'єднують флори з бімсами, повинні бути безперервними.

6.8.7.6 Стрингери

.1 Скулові стрингери для суден з поперечною системою набору вимагаються, якщо:

• застосовані винятково гнуті шпангоути або клеєні шпангоути по черзі з групами із трьох гнутих шпангоутів;

• застосовані інші системи дерев'яних шпангоутів на судні довжиною $L > 10$м;

• застосовані сталеві шпангоути, а відстань між флорами і палубою на міделі перевищує 2,4м.

.2 Площа поперечного перерізу акулових стрингерів, *A* в см^2, в районі середньої частини для суден довжиною до 6м повинна бути не менше 4*L*, де *L* задається в метрах.

Для суден довжиною 6м $\leq L < 20$м, а також для прогулянкових суден довжиною 6м $\leq L < 24$м, розміри скулових стрингерів у межах ⅗*L* судна повинні прийматися за табл. 6.8.7.6.10.

Поза межами ⅗*L* судна поперечний переріз стрингерів може бути зменшено, досягаючи при штевнях 75% від необхідного поперечного перерізу.

.3 Замість одного стрингера можна встановлювати два, кожен із площею поперечного перерізу, який дорівнює 60% від поперечного перерізу *A*, що визначається в підпункті **.2**.

.4 Для суден довжиною $L < 14$м при застосуванні сталевих шпангоутів і скулового стрингера, виконаного із сталевого профілю, момент опору поперечного перерізу $W_{стр}$ скулового стрингера повинен бути не менше, см^3:

$$W_{стр} = 0{,}6L - 4, \qquad (6.8.7.6.4)$$

де: *L* задається в метрах.

Для суден довжиною $L \geq 14$м розміри сталевого профілю для акулового стрингера вибираються за табл. 6.8.7.6.10.

.5 Скулові стрингери необхідно міцно перев'язати з усіма шпангоутами.

У місці з'єднання стрингерів зі штевнями або з транцем необхідно застосовувати книці з дерева або із сталі. Ці з'єднання необхідно з'єднувати болтами діаметром *d* не менше:

- для суден довжиною $L < 6$м за формулою:

$d = 3\sqrt{L}$, де *L* задається в м.,

- для суден довжиною 6м $\leq L < 20$м, а також для прогулянкових суден довжиною 6м $\leq L < 24$м – згідно з табл. 6.8.7.6.10.

.6 Шпунтові з'єднання у стрингерах лівого та правого борту повинні бути рознесені та належним чином розміщені по відношенню до стиків в інших елементах.

.7 Стрингери повинні бути прикріплені до кожного шпангоуту наскрізним кріпленням в одній точці, якщо висота стрингера не перевищує 180мм, і в двох точках, якщо висота стрингера більше 180мм.

.8 У разі застосування шпангоутів типу **5, 6** або **7** згідно з **6.8.7.1.4** між проміжними гнутими шпангоутами і стрингерами повинні бути встановлені вкладиші.

.9 На сталевих шпангоутах повинні бути встановлені лапки для розміщення кріплення при з'єднанні зі стрингером.

.10 Розміри кріплення стрингера та привального бруса наведені в табл. 6.8.7.6.10.

Таблиця 6.8.7.6.10 **Поперечні розміри привального бруса та скулового стрингера і розміри кріплення для суден з корпусом із дерева**

Довжина судна, *L*, м	Площа поперечного перерізу привального брусу, см^2		Площа поперечного перерізу скулового стрингера, см^2		Діаметр болтів для кріплення, мм, для:			Сталевий кутовий бортовий і скуловий стрингер, мм
	Вітрильні і вітрильно-моторні судна	Моторні судна	Вітрильні і вітрильно-моторні судна	Моторні судна	Плеч брештука	Привального брусу, стрингеру	Висячих книць	
6	29	32	25	22	8	6	6	—
8	40	40	32	29	8	6	6	—
10	50	50	40	35	8	6	6	—
12	70	60	50	50	10	8	8	—
14	90	80	65	60	12	8	8	60×60×4,0
16	110	100	80	70	12	8	8	60×60×5,5
18	130	110	90	85	12	10	10	65×65×6,5
20*	150	130	105	100	14	12	12	75×65×5,5
22*	170	150	120	110	14	12	12	75×65×6,5
24*	190	170	140	125	14	12	12	75×65×7,0

Примітка.

1. Табличні значення поперечних розмірів привального брусу і скулового стрингера стосуються деревини, що має стандартну щільність 560кг/м^3, і якщо використовується деревина іншої щільності, розміри повинні бути відповідно змінені.

* Застосовується для прогулянкових суден довжиною 20м $\leq L <$ 24м.

.11 Скуловий сталевий стрингер повинен бути встановлений у таких випадках:

а) при встановленні шпангоутів типу **4** (сталеві),згідно з **6.8.7.1.4,** та висоті від верху флора до палуби біля борту на міделі, що перевищує 2,4м;

б) якщо половина ширини судна на рівні верху флора на міделі перевищує 2,4м.

.12 Розміри поперечного перерізу скулового та бортового стрингера наведені в табл. 6.8.7.6.10. Розміри повинні витримуватися до носу і до корми настільки далеко, наскільки це практично можливо.

.13 Скулові і бортові стрингери повинні бути приварені до шпангоутів або приклепані до лапок шпангоутів не менше, ніж двома заклепками.

6.8.7.7 Бімси

.1 Розміри бімсів, напівбімсів і посилених бімсів повинні бути не менше наведених у табл. 6.8.7.7.1.

Таблиця 6.8.7.7.1 **Бімси і висячі книці для суден з корпусом із дерева**

Довжина бімса, м	Шпація бімсів, не більше, мм	Бімси в межах ⅗*L* середньої частини корпусу судна				Бімси за межами ⅗*L* середньої частини корпусу судна, напівбімси по всій довжині			
		В середині		На кінцях		В середині		Ширина, мм	На кінцях Висота, мм
		Ширина, мм	Висота, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Ширина, мм	Висота, мм		
1,8	250	30	45	30	30	26	33	26	26
2.1	275	36	53	36	36	32	40	32	32
2,4	300	41	60	41	41	36	45	36	36
2,7	325	46	66	46	46	40	50	40	40
3,0	350	51	72	51	51	43	54	43	43
3,3	375	55	78	55	55	46	58	46	46
3,6	400	59	83	59	59	50	63	50	50
3,9	425	62	88	62	62	53	66	53	53
4,2	450	66	94	66	66	56	70	56	56
4,5	475	69	99	69	69	58	74	58	58
48	500	72	103	72	72	61	78	61	61
5,1	525	75	108	75	75	63	82	63	63
5,4	550	79	112	79	79	65	86	65	65
5,7	575	82	117	82	82	67	91	67	67
6,0	600	85	121	85	85	69	96	69	69
6,3	625	88	125	88	88	70	100	70	70
6,6	650	91	130	91	91	71	105	71	71
6,9	675	96	137	96	96	73	112	73	73
7,2	700	102	145	102	102	75	120	75	75

Продовження таблиці 6.8.7.7.1 **Бімси і висячі книці для суден з корпусом із дерева**

Довжина бімса, м	Бімси в районі щогли і по кінцям вирізів у палубі				Штабові підвісні книці на бімсах				
	Ширина, мм	В середині Висота, мм	На кінцях Ширина, мм	Висота, мм	Кількість з кожного борту	Довжина плеч в межах ⅗*L*середньої частини, мм	Довжина плеч за межами ⅗*L* середньої частини, мм	В п'ятці, мм	На кінцях, мм
1,8	39	55	39	39	3	300	240	22×8	19×4
2,1	46	65	46	46	4	325	260	22×10	22×4
2,4	52	74	52	52	4	350	280	25×12	22×6
2,7	58	83	58	58	5	375	300	30×16	25×6
3,0	63	90	63	63	5	400	320	34×19	30×6
3,3	68	97	68	68	6	425	340	38×19	35×6
3,6	73	104	73	73	6	450	360	42×22	40×8
3,9	77	110	77	77	7	475	380	46×22	40×8
4,2	82	117	82	82	7	500	400	50×25	45×8
4,5	86	124	86	86	8	525	420	52×25	45×8
4,8	90	129	90	90	8	550	440	55×27	50×10
5,1	94	135	94	94	9	575	460	58×27	50×11
5,4	98	140	98	98	9	600	480	61×30	50×11
5,7	102	146	102	102	10	625	500	64×30	52×12
6,0	107	151	107	107	10	650	520	67×30	52×12
6,3	112	156	112	112	11	675	540	70×33	54×11
6,6	119	163	119	119	11	700	560	72×33	54×14
6,9	127	172	127	127	12	725	580	74×33	57×1 6
7,2	135	180	135	135	12	750	600	78×36	57×16

Закінчення таблиці 6.8.7.7.1 **Бімси і висячі книці для суден з корпусом із дерева**

Примітки:
1. Довжина дерев'яного бімса в середній частині корпусу судна повинна вимірюватися до внутрішньої кромки привального бруса.
2. Табличні розміри дерев'яних бімсів стосуються деревини зі стандартною щільністю 560 кг/м^3, і якщо використовується деревина іншої щільності, розміри повинні бути відповідно змінені.
3. Ширина клеєного бімса може бути зменшена на 15%.

.2 Необхідний момент опору необхідно забезпечити на середині довжини бімса. На кінцях бімсів момент опору може становити 50% від необхідного.

.3 Посилені бімси встановлюються по кінцях вирізів, коли два або більше бімсів перерізаються. Може також знадобитися їхнє встановлення в районі щогли.

.4 Два бімси в районі щогли вітрильно-моторного судна, а також кінцеві бімси люків або які розташовані на закінченнях рубок повинні бути посилені:

• якщо бімс є частиною вигородки житлового приміщення, його момент опору повинен бути збільшений на 50%;

• якщо бімс не підкріплений, то його момент опору повинен бути подвоєним.

Посилені бімси палуби з дошок повинні бути з'єднані з привальними брусами горизонтальними кницями.

.5 Усі бімси повинні з'єднуватися з привальним брусом, з'єднанням типу - ластівчин хвіст або на штифтах, див. рис. 6.8.7.7.5.

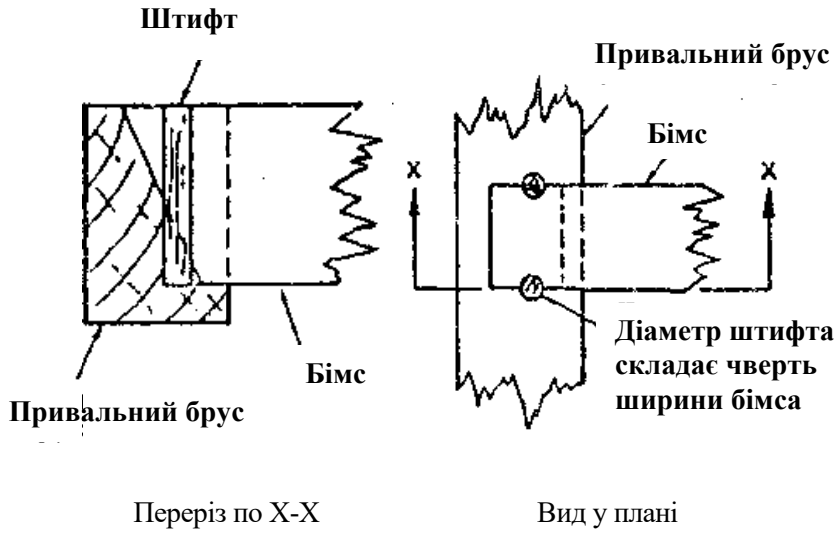


Рис. 6.8.7.7.5 Кріплення бімсів до привального брусу на штифтах

.6 При настилі палуби з фанери не потрібне з'єднання бімсів «ластівчиним хвостом» або на штифтах, але вони повинні бути проведені через привальний брус і врізані в його верхню кромку.

Глибина врізання повинна бути близько однієї чверті висоти бімса, і бімс повинен кріпитися до привального бруса шурупом або нагелем.

.7 Висячі книці повинні встановлюватись відповідно до вимог табл. 6.8.7.7.1 на щогловому та інших посилених бімсах та відповідним чином розподілятися по довжині судна.

.8 Висячі книці можуть бути сталевими (штабовими, кутовими, пластинчастими) або дерев'яними (натесаними або клеєними).

.9 Розміри висячих смугових книць наведені в табл. 6.8.7.7.1, але не потрібно, щоб в кінцевих частинах судна довжина пліч книці перевищувала одну третину довжини шпангоуту або бімса. Кутові книці повинні мати міцність, еквівалентну штабовим.

.10 Мінімальна висота біля п'яти натесаної або ламінованої книці повинна бути на 60%, а клеєної книці на 40% більше, ніж та, що вимагається в табл. 6.8.7.7.1 для звичайних натесаних шпангоутів біля п'яти.

.11 Кожен прогін повинен бути з'єднаний з бімсом і шпангоутом чотирма болтами діаметром, наведеним у табл. 6.8.7.6.10. Не потрібно, щоб болти проходили крізь палубу або зовнішню обшивку.

.12 Незалежно від типу настилу палуби, посилені бімси повинні бути з'єднані із шпангоутами вертикальними кницями. Кількість пар таких книць*n* повинна бути не меншою, ніж визначена за формулою:

$n = 1{,}5B$ (6.8.7.7.12-1)

Такі книці можуть бути виготовлені з кованої сталі з площею поперечного перерізу $A_{Кн}$ посередині не меншій, ніж визначена за формулою, см^2:

$A_{Кн} = 4{,}4B – 7,$ (6.8.7.7.12-2)

або з прокату чи зварних сталевих профілів, з моментом опору $W_{Кн}$ не меншим, ніж визначено за формулою, см^3:

$W_{Кн} = 1{,}6B - 2{,}2,$ (6.8.7.7.12-3)

де: B – ширина судна в метрах.

Довжина сторони (плеча) книці $l_{Кн}$ повинна бути не менше, ніж визначена за формулою, м:

$l_{Кн} = 0{,}09B + 0.12$ - для середньої частини судна, (6.8.7.7.12-4)

$l_{Кн} = 0{,}07B + 0.09$ - поза середньою частиною судна. (6.8.7.7.12-5)

.13 У місцях встановлення міцних перегородок, приклеєних і прикріплених шурупами до бімсів та шпангоутів, висячі книці не встановлюються.

.14 В районі щогли та по кінцях вирізів у палубі до бімсів повинні бути прикріплені горизонтальні книці, якщо палуба виконана не з фанери.

.15 Сталеві бімси повинні відповідати вимогам **6.8.1** і **6.8.7.7.4**.

Ці бімси необхідно з'єднувати зі шпангоутами кницями з довжиною не менше ніж 2,5 висоти бімса.

.16 На сталевих бімсах уздовж бортів необхідно встановити сталевий посилюючий елемент шириною $b_Б$ не менше, м:

$b_Б = 0{,}020L$ – у середній частині судна, (6.8.7.7.16-1)

$b_Б = 0{,}016L$ – поза середньою частиною судна (6.8.7.7.16-2)

Навколо рубок, надбудов та комінгсів палубних люків необхідно передбачити сталеве обшивання шириною b не менше, м:

$b = 0{,}06 + 0{,}004L$ (6.8.7.7.16-3)

Дерев'яне покриття палуби необхідно кріпити до бімсів і до цих пластин сталевого обшивання.

.17 Якщо палуба вітрильно-моторного судна довжиною $L > 9$м покрита винятково дошками, то потрібно встановити палубні укоси, або сталеві полоси, що перетинаються в районі п'яртнерсів щогл і які йдуть до ватервейсів, з якими укоси повинні бути з'єднані. Ширина укосів b не повинна бути меншою ніж 40мм, а товщина дорівнювати товщині книці.

Якщо набір такого судна є повністю дерев'яним, ватервейси необхідно кріпити наскрізними гвинтами до привальних брусів.

.18 Для суден, зазначених у підпункті **.17**, з обшивкою корпусу каравелового типу, потрібне застосування бортових укосів, які повинні проходити від бортових вантпутенсів у бік до носу та до корми. Розміри поперечного перерізу бічних укосів необхідно визначати згідно з підпунктом **.17**.

.19 Якщо встановлюються сталеві бімси, повинні бути встановлені штабові палубні стрингери і сполучні шини, розміри яких наведені у табл. 6.8.7.7.19.

Таблиця 6.8.7.7.19 **Сталеві поздовжні елементи жорсткості суден з корпусом із дерева**

Довжина судна *L*, м	Ширстрек біля палуби надводного борту і штабові стрингери у межах ⅗ *L* середньої частини корпусу, мм	Ширстрек біля палуби надводного борту і штабові стрингери в кінцевих частинах судна і штабові стрингери палуби надбудови, мм	З'єднувальні шини верхньої палуби, мм	Кутові стрингери верхньої палуби, мм	З'єднувальні шини палуби надбудови, мм	Кутові стрингери палуби надбудови, мм
10	220×3,5	170×3,5	100×3,5	45×45×3,5	—	—
12	250×3,5	200×3,5	100×3,5	45×45×4	—	—
14	290×3,5	230×3,5	115×3,5	50×50×4	—	—
16	335×4,0	240×4,0	120×4,0	50×50×4,5	75×4	50×50×4
18	375×4,5	250×4,0	130×4,5	50×50×5	85×4	50×50×4
20*	410×4,5	280×4,0	140×4,5	50×50×5	90×4	55×55×4
22*	455×5,0	300×4,5	150×5,0	55×55×5,5	100×4,5	60×60×4
24*	500×5,5	325×4,5	150×5,5	60×60×5	110×4,5	60×60×4,5
* Застосовується для прогулянкових суден довжиною 20м $\leq L <$ 24м .						

.20 Розміри поперечного перерізу сталевих бімсів вибираються за табл. 6.8.7.7.20. Якщо шпація відрізняється від наведеної в таблиці, розміри повинні бути змінені, виходячи з прямо пропорційно зміненого моменту опору перерізу. Табличні розміри відносяться до середньої частини корпусу. За межами цієї ділянки товщина стінок бімса може бути зменшена на 10%. Напівбімси повинні бути того ж розміру, який вимагає таблиця, на тій же довжині з одним рядом пілерсів і повинні кріпитися до карлінгсів або листів комінгсів.

Таблиця 6.8.7.7.20 **Сталеві кутові бімси і книці палуби надводного борту та палуби надбудови/рубки суден з корпусом із дерева**

Довжина бімса, м	Шпація бімсів, мм	Бімси палуби надводного борту, мм				Бімси палуби надбудови/рубки, мм			
		Без пілерсів		З одним рядом пілерсів		Без пілерсів		З одним рядом пілерсів	
		Розміри бімсів	Товщина книці	Розміри бімсів	Товщина книці	Розміри бімсів	Товщина книці	Розміри бімсів	Товщина книці
2,4	300	65×50×5	4,0	—	—	65×50×3,5	3,5	—	—
2,7	325	65×50×6	4,0	—	—	65×50×4	4,0	—	—
3,0	350	70×55×6	4,5	—	—	65×50×4,5	4,0	—	—
3,3	375	75×65×6,5	4,5	—	—	65×65×5,5	4,5	—	—
3,6	400	85×65×6,5	5,0	50×50×5	4,0	65×65×7	4,5	40×40×4,5	3,5
3,9	425	90×65×7	5,0	65×50×4	4,5	75×65×6	5,0	50×40×3,5	4,0
4,2	450	100×65×6,5	5,5	65×50×4,5	4,5	75×65×6,5	5,0	50×50×4	4,0
4,5	475	100×65×7	6,0	65×50×5	5,0	75×65×7,5	5,5	50×50×4,5	4,5
4,8	500	110×65×7,5	6,0	65×60×5,5	5,0	85×65×7	5,5	65×50×4	4,5
5,1	525	125×65×7,5	6,5	65×65×6	5,5	100×65×5	6,0	65×50×4,5	5,0
5,4	550	135×65×7,5	6,5	75×65×5,5	5,5	100×65×7	6,0	65×50×5	5,0
5,7	575	145×65×7,5	7,0	75×65×6	6,0	110×65×7,5	6,5	65×50м5,5	5,5
6,0	600	140×75×10	7,0	85×65×6	6,0	120×70×7,5	6,5	70×60×5,5	5,5
6,3	625	140×75×12	7,5	90×75×6,5	6,5	135×75×7,5	7,0	75×65×6	6,0
6,6	650	150×75×12	7,5	95×75×7,5	6,5	140×75×8	7,0	75×65×6,5	6,0
6,9	675	165×75×12	8,0	100×75×8	7,0	145×75×8,5	7,5	85×65×6,5	6,5
Примітка. Довжина сталевого кутового бімса повинна вимірюватися до внутрішньої кромки шпангоута на міделі.									

.21 Бімсові книці повинні мати довжину сторони (плеча) не менше 2,5 висоти бімса, а поперечний розмір біля п'яти не менше 60% довжини плечей і товщину, як зазначено в табл. 6.8.7.7.20.

.22 Посилені бімси повинні встановлюватися відповідно до **6.8.7.7.3**.

.23 Якщо щогли розклинюються у п'яртнерсі, конструкція в районі щогли повинна включати:

а) щоглові палубні плити довжиною і шириною не менше триразового діаметра отвору п'яртнерса та товщиною, що дорівнює товщині штабового стрингера, яка вимагається за табл. 6.8.7.7.19;

б) дві діагональні з'єднувальні шини, з розміром наведеним у табл. 6.8.7.7.19 для з'єднувальних шин, повинні бути встановлені на бімсах з кожного борту судна;

в) навколо отвору повинна бути закріплена втулка для упору клинів.

6.9 ПЕРЕГОРОДКИ НА СУДНАХ З КОРПУСОМ ІЗ ДЕРЕВА

6.9.1 Загальні положення

6.9.1.1Водонепроникні перегородки повинні встановлюватись відповідно до вимог **3.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

6.9.1.2 Розміри елементів дерев'яних перегородок розглядаються особливо, у залежності від способу побудови.

6.9.1.3 Розміри елементів сталевих водонепроникних перегородокнаданів табл. 6.9.1.3.

Розрахункова схема стояків перегородок до табл. 6.9.1.3 зазначена на рис. 6.9.1.3.

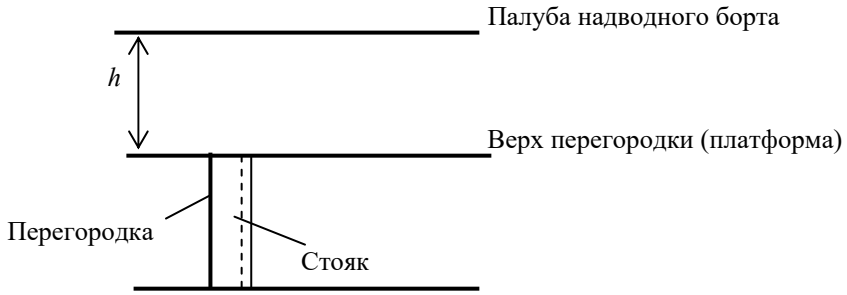


Рис. 6.9.1.3 Розрахункова схема стояків перегородок до табл. 6.9.1.3

Таблиця 6.9.1.3 **Товщина обшивки і розміри стояків сталевих перегородок суден з корпусом із дерева**

Обшивка перегородок і шпація стояків			**Стояки з вільними закінченнями (зрізані на вус)**					
Висота в ДП до верху перегородки, м (див. рис. 6.9.1.3)	**Товщина обшивки, мм**	**Шпація стояків, мм**	**Повна довжина стояка, м**	**Висота палуби *h* над верхом стояка, м (див. рис. 6.9.1.3)**				
				0	**0,6**	**1,2**	**1,8**	**2,4**
				Момент опору, см^3				
1,5	2,5	300	1,5	2,5	4,6	6,6	8,7	11,0
1,8	3,0	325	1,8	4,8	8,0	11,0	14,0	17,0
2,1	3,5	350	2,	8,0	13,0	17,0	22,0	27,0
2,4	4,0	375	2,4	13,0	20,0	26,0	33,0	39,0
2,7	4,5	400	2,7	20,0	29,0	37,0	46,0	55,0
3,0	5,0	425	3,0	29,0	40,0	52,0	63,0	75,0
3,3	5,0	450	3,3	40,0	55,0	70,0	85,0	—
3,6	5,5	475	3,6	56,0	75,0	93,0	—	—
3,9	5,5	500	3,9	75,0	98,0	120,0	—	—
4,2	6,0	525	4,2	98,0	125,0	—	—	—
4,5	6,0	550	4,5	125,0	160,0	—	—	—
4,8	6,5	575	4,8	160,0	—	—	—	—

Закінчення таблиці 6.9.1.3 **Товщина обшивки і розміри стояків сталевих перегородок суден з корпусом із дерева**

Примітка:

1. Якщо шпація стояків відрізняється від наведеної в таблиці, товщина обшивки повинна бути змінена на 0,5мм на кожні 100мм різниці в шпаціях. Момент опору стояків повинний бути змінений у прямій пропорції до шпації.

2. Моменти опору, наведені в таблиці, стосуються до поперечних перерізів стояків без бракет у комбінації з обшивкою.

3. Якщо поперечний переріз стояків має бракети біля верхнього і нижнього кінців, табличне значення моменту опору, що виправлено відповідно до примітки **1**, повинне бути помножене на коефіцієнт:

$$F_f = 0{,}8 - \frac{h}{3{,}75(2h + l)}\ , \qquad (6.9.1.3)$$

де: h – висота палуби надводного борту над верхом стояка, м.

l – довжина прогону стояка, м.

6.9.1.4 Шпація стояків таранних перегородок повинна бути не більше 460мм.

6.9.1.5 Для кріплення дерев'яної платформи/палуби нижче палуби надводного борту, до обшивки або набору перегородки повинні бути надійно прикріплені кутники або пластини.

6.9.1.6 Сталеві перегородки повинні кріпитися до дерев'яних шпангоутів з розмірами, необхідними для натесаних шпангоутів, або до крайнього кутника з розмірами, необхідними для сталевих шпангоутів.

6.10 ПРИВАЛЬНИЙ БРУС

6.10.1 Для суден з поперечним набором палуби необхідна площа поперечного перерізу привального бруса в середній частині судна (враховуючи врізання під бімс) A повинна бути не менше, ніж, см^2:

для вітрильно-моторних та моторних суден довжиною L не більше 6м;

$$A = 5L, \qquad (6.10.1\text{-}1)$$

для вітрильно-моторних, моторних суден довжиною 6м $\leq L <$ 20м, а також прогулянкових суден довжиною 6м $\leq L <$ 24м:

$$A = 10L - 50, \qquad (6.10.1\text{-}2)$$

де: L задається в метрах.

Розміри привального бруса в межах ⅗L середньої частини судна повинні прийматись згідно з табл. 6.8.7.6.10.

Якщо обшивка бортів і палуби виконана з фанери або клеєна із шпону, площа поперечного перерізу привальних брусів може бути зменшена на 25%.

Поза межами ⅗L середньої частини судна площа поперечного перерізу привальних брусів може бути зменшена так, щоб біля форштевня та ахтерштевня або біля транця площа поперечного перерізу привальних брусів становила 75% від необхідного значення.

6.10.2 Привальний брус повинний бути прикріплений до кожного шпангоуту наскрізним кріпленням в одній точці при висоті привального бруса до 180мм і в двох точках при більшій висоті привального бруса.

Розміри кріплення наведені в табл. 6.8.7.6.10.

У місці з'єднання привальних брусів з форштевнем, ахтерштевнем або транцем необхідно застосовувати книці з дерева або сталі. Ці з'єднання необхідно скріплювати болтами діаметром не менше, ніж визначено:

• для суден довжиною до 6м – за формулою:

$d = 3\sqrt{L}$, де L задається в м;

• для суден довжиною 6м ≤ *L* < 20м, а також для прогулянкових суден довжиною 6м ≤ *L* < 24м– згідно з табл. 6.8.7.6.10.

6.10.3 На суднах з поздовжньою системою набору палуби, для з'єднання палуби з бортом необхідно встановлювати стрингер, який відповідає вимогам до мінімальної ширини з'єднання з бортом і палубою згідно з **6.6.1.4.5**.

6.10.4 В районі щогли на вітрильно-моторному судні в площині палуби необхідно додатково встановлювати балки з поперечним перерізом близько 75% поперечного перерізу привального бруса. На кінцях поперечний переріз балки може становити 50% його поперечного перерізу на середині.

Довжина балки не повинна бути меншою ніж ширина палуби в районі щогли.

6.10.5 Якщо вантпутенси встановлюються на відповідно міцних конструктивних перегородках, то вантові балки не вимагаються.

6.10.6 Якщо привальний брус доводиться стикувати по довжині, то з'єднання повинне виконуватися на клею і шпунтах. Стик необхідно розміщувати, відповідно до положення з'єднань в інших поздовжніх елементах, висячих книць тощо. Поверхня шпунтового з'єднання повинна розташовуватись, як правило, у вертикальній площині.

6.10.7 За наявності напівбака рекомендується, щоб головний привальний брус простягався до кінцевих частин корпусу судна. Якщо, це не виконано, слід передбачити придатну конструкцію для забезпечення поздовжньої безперервності привального брусу, і в цьому випадку може знадобитися збільшення поперечних розмірів шпангоутів.

6.10.8 У випадку шпангоутів типу **5, 6** або **7** (див. **6.8.7.1.4**) між проміжними гнутими шпангоутами і привальним брусом повинні бути встановлені вкладиші.

6.10.9 На сталевих шпангоутах повинні бути встановлені лапки для розміщення кріплення при з'єднанні з привальним брусом.

6.10.10 Якщо встановлені сталеві шпангоути в комбінації зі сталевими бімсами, встановлення привального бруса не потрібно, але повинні бути встановлені штабовий палубний стрингер, ширстрекі кутовий стрингер з поперечними розмірами, наведеними в табл. 6.8.7.7.19. Повинні бути встановлені також бімсові книці відповідно до **6.8.7.7.21**.

6.11 НАДБУДОВИ І РУБКИ З ДЕРЕВА

6.11.1 Загальні положення

Надбудови і рубки повинні мати міцну конструкцію та надійно з'єднуватися з настилом палуби у площині карлінгсів і бімсів.

6.11.2 Конструкція надбудов і рубок

6.11.2.1 Розміри елементів надбудови повинні відповідати зазначеним в табл. 6.11.2.1-1 і в табл. 6.11.2.1-2.

Таблиця 6.11.2.1-1 **Товщина комінгсів і палуби надбудови із дерева***

Довжина судна *L*, м	Товщина комінгсів, мм	Товщина палуби, мм
6	17	13
8	19	15
10	22	17
12	24	19
14	26	22
16	29	24
18≤ *L*< 20	32	26

Примітки:

1. Таблична товщина комінгсу і палуби надбудови стосуються деревини, що має стандартну щільність 560кг/м^3 і 430кг/м^3 відповідно, і якщо використовується деревина іншої щільності, товщина повинна бути відповідно змінена..

2. Якщо шпація бімсів відрізняється від наведеної в табл. 6.11.2.1-2, товщина палуби може бути змінена на 1,5мм на кожні 50мм різниці.

*Примітка.**Таблиця застосовується і для прогулянкових суден довжиною 6м ≤ *L* < 24м.

Таблиця 6.11.2.1-2 **Розміри бімсів палуби надбудов і палуби рубок із дерева***

Прогін бімса, м	Шпація, мм	Посередині бімса		На кінцях бімса	
		Ширина, мм	Висота, мм	Ширина, мм	Висота, мм
1,2	250	28	41	28	28
1,5	275	30	44	30	30
1,8	300	34	48	34	34
2,1	325	38	53	38	38
2,4	350	41	57	41	41
2,7	375	43	60	43	43
3,0	400	44	63	44	44
3,3	425	44	65	44	44
3,6	450	46	68	46	46
3,9	475	48	71	48	48
4,2	500	50	75	50	50

Примітка.
Табличні розміри стосуються деревини, що має стандартну щільність 560кг/м^3 , і якщо деревина, що використовується, має іншу щільність, розміри повинні бути відповідно змінені.

*Примітка.**Таблиця застосовується і для прогулянкових суден довжиною 6м $\leq L <$ 24м.

6.11.2.2 Якщо палуба надбудови виконана із фанери, товщина, яка визначена за табл. 6.11.2.1-1 може бути зменшена на 30%.

6.11.2.3 Якщо фанера покрита рейковим настилом, загальна товщина може бути на 30% менше, ніж наведена в табл. 6.11.2.1-1, за умови, що:

а) середня щільність фанери і рейкового настилу не менше 430кг/м^3;

б) товщина фанери не менше 30% загальної товщини і в жодному разі не менше 6мм; і

в) якщо рейковий настил тонкіше за 19мм, а пази заповнені схваленою еластичною шпаклівкою.

6.11.2.4 Якщо палуба надбудови або палуби рубки покриті парусиною або іншим схваленим захисним покриттям, товщина, визначена за табл. 6.11.2.1-1 може бути зменшена на 1,5мм.

6.11.2.5 Якщо шпація бімсів палуби надбудови відрізняється від зазначеної в табл. 6.11.2.1-2, міцність (момент опору) бімсів повинна бути прямо пропорційно змінена.

6.11.2.6 Для невеликих надбудов, з палубою без бімсів, товщина настилу палуби є предметом особливого розгляду Регістром.

6.11.2.7 Жорсткість палуби надбудови і бічних частин палуби надводного борту в районі щогли повинна бути посилена.

Якщо щогла встановлюється на палубі надбудови/рубки, конструкція цього вузла підлягає особливому розгляду Регістром.

6.12 ПІЛЕРСИ

6.12.1 Розрахункове навантаження на пілерси та їх розміри визначаються згідно **2.4** та **3.4**.

6.12.2 Конструктивні елементи верху та стопи пілерса повинні бути виконані відповідно до навантаження, яке сприймає пілерс.

З'єднання повинне бути спроектоване так, щоб тиск на сталеві елементи не перевищував 100Н/мм^2.

6.12.3 Пілерси повинні опиратися на безперервні ребра жорсткості. У випадку більшого навантаження, пілерси необхідно встановлювати на перетині набору.

6.12.4 Не рекомендується застосування пілерсу зі склопластику. Якщо потрібний інший матеріал, ніж дерево, слід застосовувати метал.

6.13 РОЗМІРИ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У КОРПУСІ ДЕРЕВ'ЯНИХ ВІДКРИТИХ СУДЕН

6.13.1 В таблиці 6.13.1 наведені розміри елементів набору корпусу відкритих суден, виготовлених без використання склеювання, мм.

Таблиця 6.13.1 **Розміри елементів набору корпусу, виготовленого без склеювання, мм**

Елементи корпусу	**Довжина корпусу, м**		
	3 ÷ 5	**5 ÷ 7**	**7 ÷ 10**
Кіль	20x90÷30x100	40x100÷50x120	50x110÷60x140
Скуловий стрингер	20x20÷40x40	45x45÷50x50	50x50÷60x60
Бортові і поздовжні рейки днища	18x35÷20x40	18x50÷20x60	20x60÷40x70
Привальний брус	18x35÷20x40	18x50÷20x60	20x60÷40x70
Планшир (товщина)	10	12	14
Гілка шпангоута на днищі (флортімберс)	16x60	18x60÷25x65	22x65÷25x75
Бортова гілка шпангоута (топтімберс)	16x50	18x55÷22x60	22x60÷25x70
Бімси	16x40÷20x40	18x45÷20x50	20x50÷22x50
Обшивка (товщина) Борт Днище	 7-10 8-10	 10-12 12-14	 11-14 13-16
Шпація	300-500	400-500	400-600
Примітка. Для обшивки необхідно застосувати конструкцію клінкерного типу (з перекриттям країв) або склеювання по пазах.			

6.13.2 Конструкція транця та його кріплення до інших елементів корпусу судна, що приводиться в рух за допомогою мотора, що навішується, повинні бути розраховані за нормальних умов експлуатації та на дію зусиль, що виникають при повній потужності двигуна (двигунів) допустимої потужності, а також на дію маси цього або цих двигунів.

При використанні для транцю фанери з покриттям оболонками із АВ-пластику слід застосовувати вимоги **5.4.1.8**.

6.13.3 В табл. 6.13.3 наведено розміри клеєних елементів набору і обшивки з фанери.

Таблиця 6.13.3 **Розміри клеєних елементів набору корпусу і обшивки із фанери, мм**

Елементи корпусу	**Довжина корпусу, м**		
	3 ÷ 5	**6 ÷ 9**	**9 ÷ 12**
Кіль	20x75÷25x90	30x100÷40x110	45x120÷60x140
Скуловий стрингер	20x20÷40x40	45x45÷50x50	55x55÷60x60
Привальний брус	18x30÷20x40	20x45÷25x55	30x60÷40x80
Рейки борту і днища	10x25÷12x30	12x35÷15x40	15x50÷20x60
Палубні рейки	10x20÷12x30	12x35÷15x30	15x40÷20x50
Флортімберс	15x55÷16x60	18x65÷20x70	22x75÷25x80
Топтімберс, бімси	15x40÷16x50	18x55÷20x60	22x65÷25x75
Обшивка із фанери (товщина), мм			
Борт	3 - 4	4 - 5	5 - 6
Днище	4 - 5	7 - 8	8 - 10
Шпація	250÷400	300÷500	400÷600
Примітка. Дані, наведені в таблицях, є наближеними та потребують уточнення на основі досвіду експлуатації або випробувань.			

6.14 БАГАТОКОРПУСНІ СУДНА З ДЕРЕВА

6.14.1 Загальні положення

6.14.1.1 Вимоги, наведені у цьому підрозділі, для визначення розмірів елементів конструкції припускають, що:

• катамаран має два ідентичні корпуси, розташовані симетрично ДП;

• тримаран має головний корпус і два однакові, встановлені по бортах симетрично ДП, поплавки, що підтримують корпус і мають довжину не менше 80% довжини головного корпусу.

Інші конструкції повинні бути розглянуті особливо.

6.14.1.2 Розміри елементів конструкції корпусів та поплавків вибирають в залежності від розмірів судна, з наступними змінами:

Катамарани: ширина - найбільша ширина між зовнішніми бортами корпусів.

Тримарани: ширина - найбільша ширина між зовнішніми бортами підтримуючих поплавків.

6.14.1.3 Ширина повинна вимірюватися між точками перетинання ліній продовження борту та палуби.

6.14.2 Кіль і закладення

6.14.2.1 Розміри кіля повинні становити 30% площі поперечного перерізу, яка наведенав табл. 6.8.2.1 і повинні забезпечувати достатню ширину прилягання для днищової обшивки, як наведено в табл. 6.6.1.4.5, але ширина може зменшуватися від середини судна до кінцевих частин судна і відповідати формі корпусу. Може знадобитися посилення конструкції кіля в середній частині судна, у випадку великої відстані між перегородкамиі шпангоутами, для підкріплення корпусу на випадок посадки на мілину або перевезення вантажу.

6.14.2.2 Форштевень може бути стесаний з боків за формою корпусу, але ширина в п'яті повинна бути не менше, ніж півтори товщини. Може знадобитися збільшення товщини форштевня, якщо він ослаблений вирізами для стрингерів.

Повинен бути встановлений кноп шириною не менше ширини форштевня з достатніми плечима. Зовнішня накладка – водоріз товщиною не менше 60% товщини штевня – повинна кріпитися до нього на клею і шурупах. Носове запобіжне обкуття або обтічник повинні бути надійно прикріплені до накладки форштевня.

6.14.2.3 Якщо встановлюється контртімберс (див. рис. 6.8.4.2), ахтерштевень та контртімберс повинні відповідати вимогам **6.8**, а їх розміри повинні становити не менше 50% розмірів, наведених у табл. 6.8.2.1. При транцевій конструкції корми транець повинен бути не тоншим за обшивку корпусу і повинен кріпитися до кіля за допомогою книці, яка є подібною кнопу біля п'яти форштевня.

6.14.3 Набір

6.14.3.1 Флори і шпангоути повинні відповідати вимогам **6.8.6** та **6.8.7**.

6.14.3.2 Деталі стику палуби з бортом і скули повинні відповідати вимогам **6.6.1.3.4**, а площі поперечного перерізу привального бруса та скулового стрингера повинні становити не менше 50% відповідних розмірів у табл. 6.8.7.6.10. Ширина прилягання обшивки корпусу повинна бути не менше наведеною у табл. 6.6.1.4.5.

6.14.4 Головні поперечні балки або аутригери

6.14.4.1 Корпуси катамаранів і підтримуючі поплавки тримаранів повинні з'єднуватися двома або більше безперервними поперечними балками, що простягаються на всю ширину судна. Головні поперечні балки повинні розташовуватися відповідним чином по довжині судна, щоб мінімізувати напруження при перекосах.

6.14.4.2 Балки можуть виготовлятися із суцільної або клеєної деревини чи з металевого зварного, прокатного або гнутого профілю (двотавр, швелер тощо). Балки повинні кріпитися до відповідних перегородок або до ребер жорсткості у корпусах і поплавках.

6.14.5 Обшивка корпусу

6.14.5.1 Зовнішня обшивка повинна відповідати вимогам **6.6** і, як правило, її товщина може бути додатково зменшена на 10%. Товщина нижньої зашивки мосту катамарану або плечей підтримуючих поплавків тримарану може бути зменшена на 25%.

6.14.5.2 Передній кінець моста повинен мати міцний набір і обшивку тієї ж товщини, що і у основних корпусів.

6.14.6 Конструкція палуби та бімси

Палубний настил та набір повинні відповідати вимогам **6.7** та **6.8.7.7**. Товщина палубного настилу може бути зменшена на 10%.

6.14.7 Надбудови і рубки

Надбудови і рубки повинні відповідати вимогам **6.11**, але розміри, наведені в табл. 6.11.2.1-1 і табл. 6.11.2.1-2, можуть бути зменшені на 15%.

7 КОНСТРУКЦІЯ КОРПУСУ З АРМОЦЕМЕНТУ І ЗАЛІЗОБЕТОНУ

7.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Цей розділ встановлює вимоги до конструкції та побудови корпусів і надбудов з армоцементу та залізобетону.

Матеріали повинні відповідати вимогам розділу **7** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Проектування і побудова малих суден із корпусом із залізобетону повинно виконуватись відповідно до вимог «Правил побудови корпусів суден та плавучих споруд із застосуванням залізобетону» Регістру судноплавства України.

7.2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

7.2.1 Визначення, прийняті в цьому розділі, які стосуються загальної термінології, наведені в **1.2.2** та **4.2** цієї частини Правил.

Визначення деталей пристроїв вітрильних суден наведено у розділі **5** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

7.2.2 У цьому розділі додатково прийняті наступні визначення:

Анкер – деталь для з'єднання частин судна, що замуровують в армоцементну частину корпусу.

Арматура - стрижнева сталь гладкого або періодичного профілів, а також листова або профільна сталь, об'ємні сталеві зварні вироби, що служать для армування бетонних конструкцій.

Арматурна сітка – в'язана або зварна сітка зі стрижневої арматури, що служить для армування бетонних конструкцій.

Арматурна сталь – сталь, призначена для виготовлення арматури.

Арматурні випуски – кінці стрижнів арматури, що виступають за бетонну поверхню; служать для з'єднання елементів корпусу, встановлення і кріплення обладнання.

Арматурний каркас – просторова або плоска конструкція з арматурних стрижнів, що служить для армування конструктивних елементів із залізобетону.

Армоцемент – дисперсно-армований залізобетон, що складається із сталевих тканих сіток, ув'язаних у єдиний пакет і монолітно зв’язаний цементним дрібнозернистим (цементно-піщаним) бетоном.

Армоцементно-залізобетонне (армоцементне) судно – судно, корпус якого виконаний із залізобетону (армоцементу).

Бетон – затверділа бетонна суміш (штучний камінь).

Бетонна суміш – суміш цементу, заповнювачів, різного роду домішок і води, перемішаних у бетономішалках.

Вут - місцеве посилення балки набору біля опори або при перетинанні двох балок різної висоти.

Залізобетон – поєднання бетону та розміщених у ньому сталевих стрижнів, катаних чи зварних профілів, що спільно працюють у конструкції, як одне монолітне ціле.

Закладні деталі – планки, косинці або іншої форми металеві деталі, що надійно закріплені в бетоні; служать для з'єднання збірних конструктивних елементів між собою, встановлення і кріплення обладнання та насичення, а також з'єднання металевих конструкцій з армоцементними.

Захисний шар – найменша відстань від зовнішньої поверхні бетону до арматури.

Клас бетону – гарантована характеристика бетону за міцністю, що визначається відповідно до діючих стандартів.

Композитне судно – судно, у залізобетонному (армоцементному) корпусі якого встановлені конструкції з інших матеріалів.

Марка бетону - гарантована характеристика бетону по водонепроникності, морозостійкості, середньої щільності і самонапрузі.

Монолітна конструкція - конструкція армоцементного корпусу судна або його частини, виготовлена з армоцементу як єдине ціле.

Робоча арматура - арматура, що встановлюється для забезпечення міцності і тріщиностійкості конструкцій за розрахунком.

Утік– стрижні арматури, розташовані між стрижнями основного напрямку.

Хомут – поперечний арматурний стрижень у балці набору, який сприймає напруження, що сколюють.

7.3 ВИМОГИ ДО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ПРИ ПОБУДОВІ КОРПУСУ СУДНА З АРМОЦЕМЕНТУ

7.3.1 Загальні положення

7.3.1.1 У цьому підрозділі наводяться методи і прийоми виконання робіт, порушення яких може негативно позначитися на якості корпусу армоцементного судна.

7.3.1.2 Армоцементне судно може бути побудоване збірної, монолітної, збірно-монолітної конструкції.

7.3.1.3 При виготовленні судна збірної конструкції рекомендується наступний поділ для індивідуального виготовлення:

• оболонка корпусу, що окремо виготовляється, або дві його дзеркальні половини. Розподіл корпусу відбувається по ДП судна;

• якщо перегородка ламаної конфігурації, то вона може бути розчленована на плоскі елементи;

• палуба може бути виготовлена повністю або розчленована на дві або кілька секцій. Розподіл слід здійснювати на місцях примикання перегородок і рубок.

7.3.1.4 Корпус судна, палуба і перегородки можуть будуватися:

а) на болвані;

б) у матриці (кондукторі);

в) по рейках на лекалах.

7.3.1.5 Якщо дозволяє вибраний метод виконання робіт, необхідно перед бетонуванням корпусу заздалегідь встановлювати ікріпити перегородки та ті закладні деталі, які не ускладнюватимуть виконання подальших робіт. Якщо в необхідному місці для закріплення закладної деталі або конструкції не залишена оголена від бетону сітка, то бетон для її закріплення в цьому місці розбивається без порушення цілісності сітки, сітка очищається від крихт бетону, прив'язується закладна деталь і це місце омонолічується.

Омонолічування повинне проводитися тим самим складом і таким чином, щоб стикування старого і нового бетону відбувалося в торець, а не внапуск, як показано на рис. 7.3.1.5.

При монолітному з’єднанні стиків збірних елементів місця з’єднування повинні бути ретельно загладжені та твердіти не менше 28 діб у постійно вологому стані.

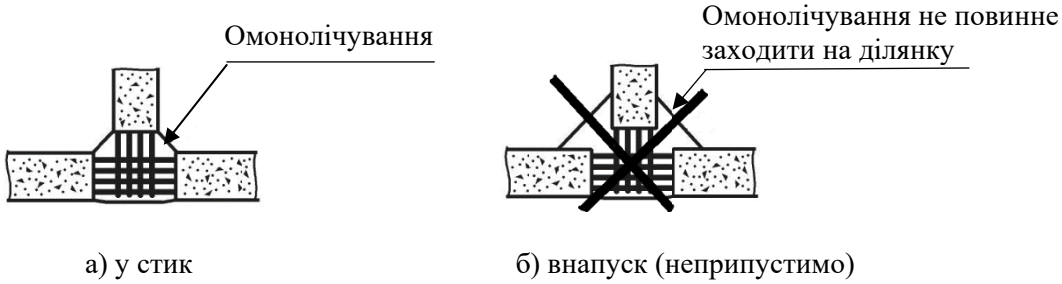


Рис. 7.3.1.5 Омонолічування стиків секцій

7.3.1.6 Транспортування і кантування оболонки корпусу, перегородок, палуби повинні здійснюватися у жорстких кондукторах, що запобігають будь-якій деформації елементів.

7.3.1.7 При виконанні арматурних та бетонних робіт необхідно забезпечити доступ до всіх робочих ділянок для можливості зв'язування сітки і її рихтування, омонолічування та загладжування бетону.

7.3.1.8 Зв'язування сіток і кріплення закладних елементів необхідно робити таким чином, щоб була забезпечена можливість проникнення бетону в усі порожнини армування, що гарантує відсутність раковин і пор. Щільність армування повинна бути по можливості рівномірною.

7.3.1.9 До початку монолітного з'єднання корпусу всі можливі закладні деталі повинні бути встановлені на місце і скріплені з арматурою, для чого допускається додаткове армування.

7.3.1.10 Дейдвудна труба і рульові пристрої повинні бути заздалегідь відцентровані по своїх осьових лініях та надійно зафіксовані на своїх місцях.

7.3.1.11 Закладні частини вантпутенсів повинні виготовлятися з арматурного прутка у вигляді скоби і пропускатися через арматуру до палуби в середину пакета арматури борту або перегородки на довжину не менше 30 діаметрів прутка. Потовщення зовнішньої обшивки в районі вантпутенсів повинно проводитися з її внутрішньої сторони.

7.3.1.12 Кріплення палубних римів, рогів, кнехтів, лебідок повинно здійснюватися в площині бімсів і карлінгів, або в безпосередній близькості від них, з улаштуванням підпалубних підкріплень, пов'язаних із цими ребрами жорсткості.

7.3.2 Бетонування

7.3.2.1 Перед початком бетонування всі підготовчі роботи повинні бути повністю закінчені і представлені для огляду особі, яка контролює якість робіт будівельника, та повинен бути отриманий дозвіл на бетонування.

7.3.2.2 Бетонування повинне проводитися при температурі повітря не нижче +5°С і не вище +20°С. Відносна вологість повітря не повинна бути меншою за 60%.

7.3.2.3 Матеріали для бетону повинні бути заздалегідь відомої якості. Склад бетону повинен бути підібраний попередньо.

7.3.2.4 Водоцементне співвідношення повинне знаходитися в межах 0,4 ÷ 0,6. Необхідно прагнути його зменшення, проте, без збитку для зручності укладання бетону.

7.3.2.5 Цементно-піщане співвідношення повинно бути в межах 1:1,5 ÷ 1:1,75. Дозування вагове.

7.3.2.6 Температура бетонної суміші повинна бути не нижче +5°С та не вище +20°С.

7.3.2.7 Приготовлений бетон повинен бути укладений не пізніше однієї години після початку його заутворення водою.

7.3.2.8 Загладжування бетону повинне бути закінчено не пізніше, ніж закінчиться процес схоплювання.

7.3.2.9 Не укладений вчасно бетон подальшому використанню не підлягає. Розведення водою загуслої бетонної суміші заборонено.

7.3.2.10 Перед укладанням бетону необхідно переконатися в тому, що сітка або арматура не забруднені пилом, олією, піском, стружками, а також, що сітка не деформується під дією ваги бетону, що укладається.

7.3.2.11 При ручному бетонуванні або ущільненні за допомогою вібратора необхідно бути впевненим, що при цьому не залишається неущільнених ділянок та раковин.

7.3.2.12 При використанні вібраторів необхідно стежити, щоб не перевібрувати суміш, що призводить до її розшаровування.

7.3.2.13 При бетонуванні місць, важкодосяжних для укладання бетону, слід використовувати різні методи ущільнення (вібрацію, продавлювання кельмою, штикування).

7.3.2.14 Бетонування корпусу потрібно прагнути закінчити за один прийом. У разі перерви в бетонуванні, необхідно повністю закінчити загладжування вже покладеного бетону.

7.3.2.15 Стик свіжого бетону з бетоном, що вже затвердів, можна здійснити тільки в тому випадку, якщо в стику є арматура, а на поверхні затверділого бетону немає бруду, масла, олії тощо. Попередньо слід добре обробити абразивним каменем або сталевою щіткою і змочити ті місця затверділого бетону, до яких здійснюється прибетонування.

7.3.2.16 Товщина захисного шару бетону, що не зазнає змочування, повинна бути не більше 3мм і не менше 1мм. Зміна величини захисного шару повинна відбуватися по можливості плавно.

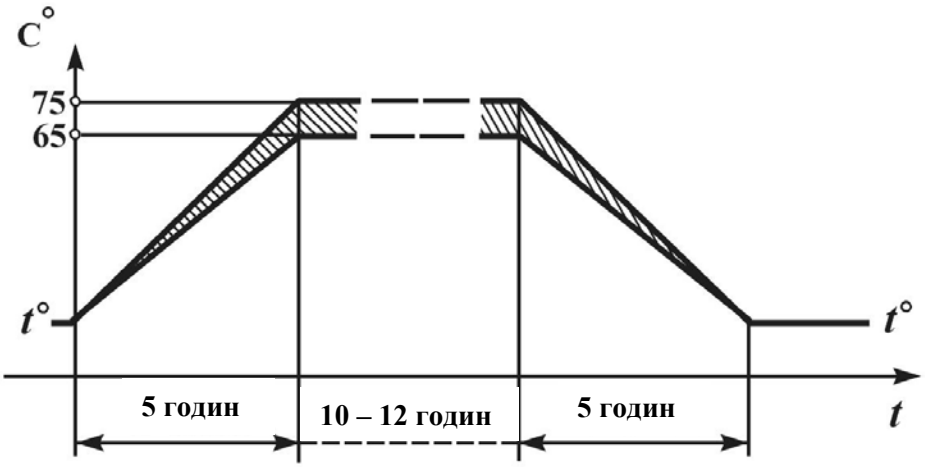
7.3.2.17 Після загладжування бетону його поверхні слід зазалізнити. Процес залізнення полягає в посипанні сухого цементу на загладжену сиру поверхню і подальшому затиранні до блиску сталевою терткою.

7.3.2.18 До набору бетоном міцності 29,4Н/мм^2 забетонований корпус повинен залишатися нерухомим.

7.3.2.19 Для скорочення часу робіт, твердіння може бути прискорене пропарюванням. Однак цей метод може бути рекомендований лише у заводських умовах.

7.3.2.20 У випадку пропарювання корпус повинен бути укритий брезентом або плівкою так, щоб пом'якшити тиск пари і запобігти попаданню крапель конденсату на поверхню бетону.

7.3.2.21 Режим пропарювання необхідно витримувати відповідно до діаграми на рис. 7.3.2.21.



Позначення: *t*° - температура зовнішнього середовища

Рис. 7.3.2.21 Діаграма пропарювання армоцементу

7.3.2.22 Зміна температури пропарювання не повинна перевищувати 10°С на годину.

7.3.2.23 Під час пропарювання необхідно виключити можливе локальне перегрівання бетону.

7.3.2.24 Після закінчення пропарювання корпус повинен залишатися у стані спокою не менше 12 годин до повного остигання і постійно зволожуватися протягом п'яти діб.

7.3.2.25 Підйом чи переміщення забетонованого корпусу можливі після досягнення бетоном міцності 29,4Н/мм^2. Міцність бетону визначається за результатами випробувань відповідно до вимог **11.7.6 ÷ 11.7.7.**

7.4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ З АРМОЦЕМЕНТУ

7.4.1 Загальні положення

7.4.1.1 Корпуси суден з армоцементу можуть бути збірної, збірно-монолітної і монолітної конструкції.

7.4.1.2 Товщину одного шару сітки призначають як товщину, що дорівнює подвоєному діаметру дроту.

Товщину армуючого пакета призначають як товщину, що дорівнює сумарній товщині шарів сіток.

7.4.1.3 Конструктивно схеми армування виготовляють із:

• арматури, що складається тільки з сіток;

• пакетів сіток з прокладкою усередині арматурних грат, що складається з прутків діаметром 3 ÷ 5мм із різною величиною квадратного осередку;

• армування елементів набору.

7.4.1.4 Конструкцію основних елементів армоцементного корпусу судна рекомендується приймати відповідно до табл. 7.4.1.4.

Таблиця 7.4.1.4 **Розміри основних елементів армоцементного корпусу**

№з/п	Назва елементу	Товщина *t*, мм	Діаметр *d*, мм, і розмір осередка (у), мм	Кількість шарів	Діаметр *d*, мм, і розмір осередка проміжної решітки, мм	Товщина пакету *t*, мм	Товщина захисного шару з кожної сторони, мм	Питома поверхня армування		Коефіцієнт насичення, %	Питома маса арматури G_t, кг/м^3
								$K_п$, см^2/см^3	K_t, см^2/см^3		
1	Палуба, рубки, поперечні перегородки, кокпіт, вигородки	9	*d*=0,7 6×12	4	–	6	1,5	2,4	2,4	2,10	0,33
2	Теж саме і зовнішня обшивка	11	*d*=0,7 6×12	5	–	7	2,0	2,35	2,35	2,05	0,32
3	Палуба, стрингери, зовнішня обшивка	13	*d*=0,7 6×12	6	–	9	2,0	2,50	2,50	2,20	0,34
4	Палуба, зовнішня обшивка	14	*d*=1,0 10×10	5	–	10	2,0	2,10	2,10	2,62	0,43
5	Зовнішня обшивка	16	*d*=1,0 10×10	6	–	12	2,0	2,20	2,20	2,75	0,45
6	Зовнішня обшивка, транець	18	*d*=1,0 10×10	7	–	14	2,0	2,30	2,30	2,87	0,47
7	Плавниковий кіль	22	*d*=1,0 10×10	6	*d*=3,0 50×50	18	2,0	2,20	1,78	2,65	0,43
8	Теж саме	24	*d*=1,0 10×10	6	*d*=4,0 75×75	20	2,0	2,22	1,65	2,24	0,36
9	Теж саме	27	*d*=1,0 10×10	6	*d*=5,0 75×75	22	2,0-3,0	2,08	1,47	1,74	0,42
10	Шпангоути, флори	15	*d*=0,7 6×6	4	*d*=5,0 70×200	11	2,0	2,86	2,04	2,42* 4,31 **	0,31
Примітка. * - у напрямку прутка; ** - перпендикулярно прутку											

7.4.1.5 Армування армоцементних елементів корпусу рекомендується робити тільки із сіток, зазначених у табл. 7.4.1.5.

Характеристика рекомендованих тканих сіток

Вид сітки	Розмір осередка, *S*, мм	Діаметр дроту *d*, мм	Площа поперечного перерізу на 1пог. м сітки, см^2		$K_П$	μ	Маса 1 м^2 сітки, кг
			По основі	По утіку	При одному шарі сітки на 1см товщини елемента		
Ткана сітка	6×6	0,7	0,58	0,58	0,66	0, 58	0,90
	6×12	0 7	0 58	0.80	0,56	0,58	0,70
	10×10	1,0	0,71	0,71	0,57	0,71	1,20
	10×20	1,0	0,72	0,37	0,44	0,71	0, 86
Зварна дротова сітка	12×12	0,7	0,31	0,31	0,35	0,31	0,48
	12×25	0,7	0,31	0,15	0,27	0,31	0,36

7.4.1.6 Конструкцію армоцементних елементів корпусу судна рекомендується приймати відповідно до рис. 7.4.1.6-1, 7.4.1.6-2, 7.4.1.6-3.

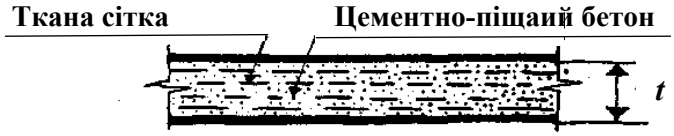


Рис. 7.4.1.6-1 Переріз армоцементного елементу, армованого тільки тканими сітками

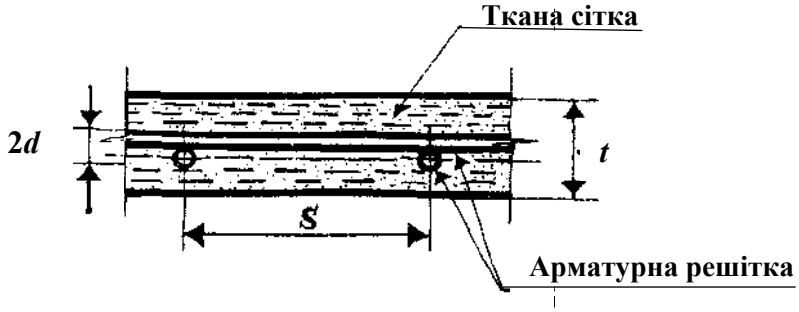


Рис. 7.4.1.6-2 Переріз армоцементного елемента , армованого пакетом тканих сіток із прокладкою усередині арматурних решіток

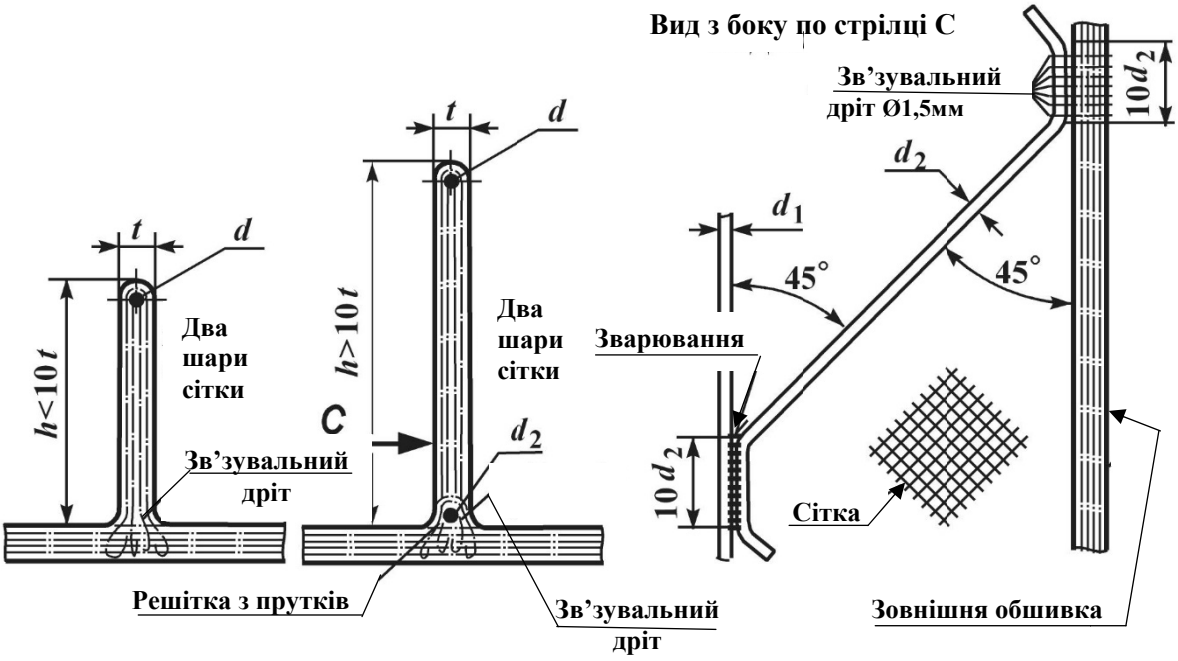


Рис. 7.4.1.6-3. З'єднання елементів набору з зовнішньою обшивкою і додаткове армування

Пояснення до рис. 7.4.1.6-1 ÷ 7.4.1.6-3:

d – діаметр стрижневих арматурних решіток, мм

S – розмір квадратної решітки осередкового типу, мм

t - товщина елемента, мм.

Для елементів набору (шпангоут, стрингер тощо) необхідно приймати 2-3 шару сітки, якими обернуть арматурний стрижень, що йде по вільній кромці елемента (рис. 7.4.1.6-3). Стрингери і рамні шпангоути, ширина яких більше 10 товщин, армуються додатково діагональними решітками з прутка, переріз якого на 20% менше перерізу по вільній кромці. Цей пруток приварюється до першого і зв'язується з пакетом арматури в'язальним дротом.

7.4.1.7 Стрижнева арматура у вигляді звареної решітки із дроту діаметром 3 ÷ 5мм можлива усередині пакета сіток біля району днища, кіляі деталей набору корпусу, а прутки діаметром 10 ÷ 14мм передбачені з внутрішньої сторони пакета в місцях з'єднання зовнішньої обшивки з палубою, транцем і біля штевнів.

7.4.1.8 Товщина елемента в армоцементному корпусі судна утворюється як сума товщин пакету армованої сітки і захисних шарів бетону по обидві сторони пакета.

7.4.1.9 У випадку застосування стрижневої арматури у складі пакетів, товщина елемента утворюється із суми товщин тканих сіток плюс товщина стрижневої решітки, плюс товщина захисних шарів.

7.4.1.10 При утворенні пакета сіток кожен шар сітки орієнтується так, щоб дроти розташовувалися переважно уздовж івпоперек корпусу. Рекомендується утворення пакетів із шарів сіток не менше 4-х і не більше 8-ми.

7.4.1.11 У випадку застосування схеми армування пакетами і при армуванні набору корпусу, схеми повинні відповідати наступним характеристикам:

• питома поверхня всієї арматури, включаючи стрижневу у складі армоцементу, повинна становити $K_t = 1{,}45 \div 3 см^2/см^3$;

• коефіцієнт армування в одному напрямку при насиченні всієї товщини елемента арматури повинен дорівнювати від 2% до 4%.

7.4.1.12 Допускається використання у всіх шарах однакових сіток або у комбінації сіток з різними характеристиками. Кращою вважається сітка з осередками 10мм х 10мм із дроту діаметром 1мм.

7.4.1.13 Діаметр в'язального дроту може бути на 50% більший за діаметр дроту сітки.

7.4.2 Армування

7.4.2.1 При стикуванні армуючих прутків вони повинні перекривати один одного на довжині, що дорівнює їх 12 діаметрам, і з'єднуватися електрозварюванням.

При електрозварюванні повинні бути прийняті заходи для запобігання пропалення дротів сітки.

7.4.2.2 Стикування тканих сіток в елементах повинно проводитися внапуск з перепуском кінців не менше, ніж 60мм. Стики одного шару сітки рекомендується зміщувати щодо стиків інших шарів з таким розрахунком, щоб у будь-якому перерізі елемента не було більше одного стику.

7.4.2.3 Випуск стрижневої арматури, що використовується для з'єднання елементів конструкції і для кріплення закладних деталей, слід заводити між тканими сітками на довжину не менше, ніж 20 діаметрів стрижня.

7.4.2.4 Конструкція стиків не повинна порушувати міцності і водонепроникності конструкції в цілому. При стикуванні армоцементних елементів слід передбачати перепуск тканих сіток у зоні стику щонайменше 60мм.

7.4.2.5 Усі сталеві деталі, що виходять із армоцементу (крім виготовлених з нержавіючої сталі), повинні бути оцинковані гарячим способом або пофарбовані. Якість оцинкування повинна забезпечувати перебування деталей у морській воді без утворення корозії. Неоцинковані деталі повинні бути загрунтовані та пофарбовані водостійкою антикорозійною фарбою.

7.4.2.6 Отвори в армоцементі, через які проходять болти кріплення різних деталей, можуть свердлитися і повинні герметизуватися цементним розчином з волокнистим наповнювачем (азбест, скловолокно), епоксидним компаундом або традиційними герметиками, щоб уникнути протікання і корозії деталей. Під голівками болтів повинні встановлюватись шайби.

7.4.2.7 Кріплення закладних деталей до армуючих сіток повинне здійснюватися з таким розрахунком, щоб зусилля відриву цих деталей, розташованих усередині пакета, були спрямовані до його площини тангенціально, як показано на рис. 7.4.2.7.

У випадку дії сили, що відриває, перпендикулярно до площини елемента, кріплення закладної деталі повинне охоплювати весь пакет арматури.

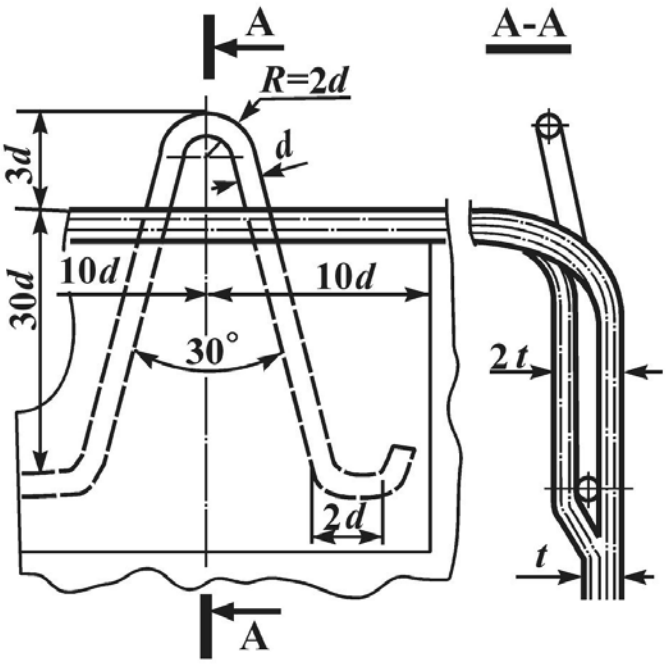


Рис. 7.4.2.7. Кріплення закладних деталей в елементі корпусу

7.4.2.8 Анкери, що приварюються до сталевих елементів, які монолітно зв’язують у бетоні, повинні бути зі сталі з механічними властивостями не менше:

границя міцності σ_u = 400Н/мм;

границя плинностіσ_y = 235Н/мм^2.

Для зварювання деталей повинне застосовуватися ручне електродугове зварювання.

7.4.2.9 Забороняється використовування в конструкціях деталей, що утворюють електрохімічні пари (за винятком застосування протекторів).

7.4.2.10 Зв'язування сіток у пакет здійснюється кроком не більше 150мм. Вільні кінці скруток в'язального дроту повинні бути увігнуті в осередок сітки врівень з її поверхнею.

7.4.2.11 Кріплення плавникового кіля судна повинне відповідати умовам роботи останнього.

На додаток до армування днища, оболонку плавника потрібно насичувати стрижневою арматурою, сумарна площа поперечного перерізу якої повинна дорівнювати подвійній площі поперечного перерізу болтів кріплення баластового фальшкіля суден із пластику, армованого волокном, або дерева.

Кінці цих стрижнів повинні відгинатися по перерізу днища, виводитися по днищу на довжину не менше 20 діаметрів стрижня і зв'язуватися з арматурою обшивки, епоксидним компаундом та флором.

Слід застосовувати зварювання у з'єднанні стрижнів арматурної решітки та дротяну зв'язку у з'єднанні арматурних сіток.

7.4.2.12 Кожен шар сітки повинен бути ретельно вирівняний. Не допускається вдавлювання дротів сітки одного шару в осередок іншого шару. Усі шари сітки повинні мати однаковий натяг, щоб уникнути концентрації напружень в окремих дротах сітки.

7.4.2.13 У разі застосування стрижневих решіток між шарами сіток, останні не повинні вдавлюватися в осередок ґрат.

7.4.2.14 Різьбове кріплення металевих та дерев'яних деталей до армоцементу на палубі, зовнішній обшивці та перегородках повинно бути виготовлене зі сталі з механічними властивостями не менше:

границя міцності σ_u = 400Н/мм;

границя плинностіσ_y = 235Н/мм^2.

7.4.2.15 Величина захисного шару бетону повинна бути не більше 3мм і не менше 1мм.

7.4.3 Конструкція корпусу і надбудов

7.4.3.1 Загальні вказівки

.1 Корпуси суден і яхт з армоцементу можуть бути набрані за поперечною, поздовжньою та змішаною системою.

Допускається змішана конструкція корпусу з ребристими елементами і без них. Останню рекомендується застосовувати для внутрішніх частин корпусу (перегородок, платформ тощо).

.2 Відкриті ділянки палуби з армоцементу повинні мати ухил, що забезпечує стік води за борт.

.3 Розміри конструктивних елементів корпусу визначають в залежності від розміру шпації:

• при поперечній системі набору – відстанню між шпангоутами;

• при поздовжній системі набору – відстанню між стрингерами або між стрингером і лінією борту.

.4 Поверхні, які піддані інтенсивному місцевому стиранню (плити зовнішньої обшивки і палуби в районі якірних клюзів, комінгси вантажних люків тощо), повинні бути облицьовані металом або іншим захисним матеріалом.

.5 Зварювання заставної арматури слід виконувати відповідно до вимог частини XIV «Правил класифікації та побудови морських суден».

.6 При конструюванні корпусу судна не можна допускати утворення місць концентрації напружень, для чого необхідно:

• в'язі, що обриваються, закріплювати на найближчих перехресних в'язях або посилених ділянках плит;

• змінювати товщину плит і розміри балок поступово, забезпечуючи ухил не менше 1:3;

• біля прямих та гострих кутів деталей з бетону передбачати заокруглення радіусом не менше 4 товщин.

7.4.3.2 Днище і борти

.1 Крім шпангоутів або при їх відсутності протягом плавникового або баластового кіля, а також у районі фундаментів під двигуни, дейдвуду і рудерпосту встановлюються флори, верхні кромки яких доводяться до висоти 0,15*D* від основної площини, де *D* – висота борту судна, м.

Відстань між цими флорами встановлюється конструктивно, але повинна становити щонайменше половину шпації. Висота флора біля ДП визначається радіусом *R*, окресленим з точки перетину перпендикуляра до дотичної, проведеної до зовнішньої обшивки від точки її максимальної кривизни до перетину з ДП судна і верхньої утворюючої шпангоуту і флора. рис. 7.4.3.2.1.

Товщина флора повинна бути не менше товщини шпангоуту, а в місцях, де шпангоут відсутній, не менше 15мм. Якщо товщина зовнішньої обшивки перевищує 15мм, безшпангоутний флор повинен мати потовщення вільної кромки за рахунок збільшення діаметра арматурного прутка на 20%. У флорах допускаються полегшуючі отвори, а в районі кіля повинні бути передбачені голубники (шпігати) для протікання води.

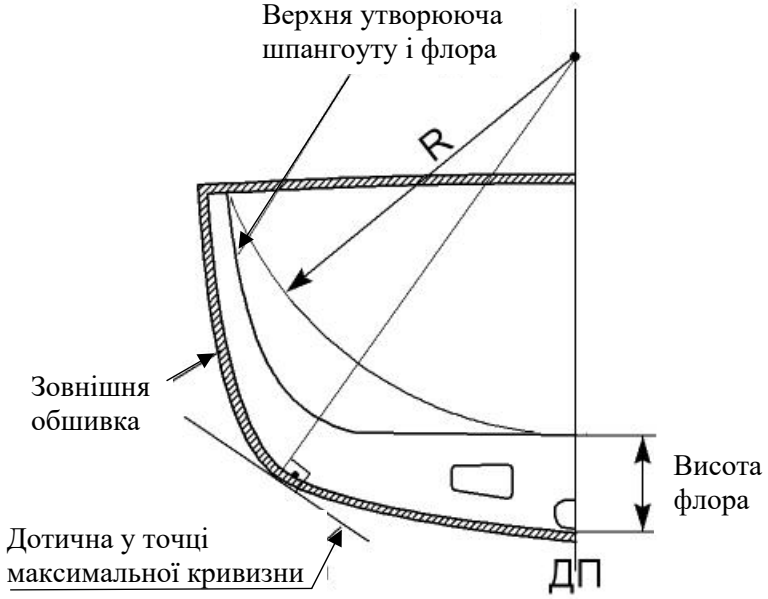


Рис. 7.4.3.2.1 Визначення висоти флора біля ДП

.2 Допускається зменшення товщини бортової обшивки в кінцевих частинах судна на 10%.

.3 Жорсткими опорами стрингерів є поперечні перегородки (діафрагми), посилені шпангоути, підкріплені бортовими стрингерами, або книці, що зв'язують бортові стрингери в кінцевих частинах судна.

.4 Жорсткі опори зовнішньої обшивки, зазначені в підпункті **.3**, доцільно розташовувати по лініях найменшої її кривизни для того, щоб непідкріплена частина зовнішньої обшивки мала максимально можливу опуклість.

Такі ділянки зовнішньої обшивки представляють сферичні панелі, у яких виникають стискаючі напруження від зовнішнього навантаження.

.5 Зазначені в підпункті **.3** опорні частини зовнішньої обшивки повинні бути зв'язані з останньою і з палубою монолітно, як показано на рис. 7.4.3.2.5.

Пакет сіток перегородокзв'язується з пакетом сіток зовнішньої обшивки і палуби в'язальним дротом.

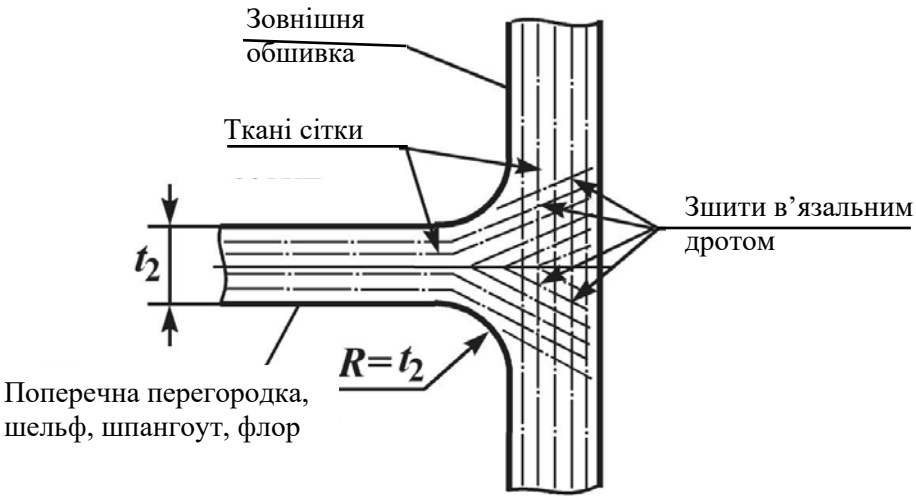


Рис. 7.4.3.2.5 З'єднання перегородок з корпусом і палубою

.6 Стрингери повинні продовжуватися по довжині корпусу безперервно з редукуванням їх перерізу в кінцевих частинах корпусу судна на 40%.

7.4.3.3 Палуби

.1 Вигин бімсів повинен бути параболічної форми розміром $^{1/50}$ максимальної ширини корпусу судна.

У палуби рубок вигин бімсів може бути в межах від $^{1/30}$ до $^{1/50}$ ширини рубки.

.2 З'єднання палуби і транця з бортовою обшивкою здійснюється у вигляді непроникного переходу армуючих сіток з радіусом заокруглення 40мм.

Аналогічно здійснюється перехід палуби в стінки рубок, стінок у палубу рубок, палуби у відсіки кокпіта тощо.

.3 Опорами карлінгсів можуть бути поперечні перегородки, піллерси, і навіть поперечні стінки надбудов.

Бічні стінки рубки та комінгс кокпіту вважаються частиною бічних карлінгсів.

.4 Конструкція карлінгів та бімсів передбачається аналогічною конструкції шпангоутів та згідно з **7.4.3.2.**

.5 У випадку встановлення карлінгів та бімсів із сталевого профілю та інших матеріалів, їх кріплення до армоцементних конструкцій не повинно порушувати монолітності корпусу.

7.4.3.4. Перегородки

.1 Кількість і розташування непроникних поперечних перегородок необхідно визначати в залежності від довжини, типу та призначення судна.

На суднах, де непотоплюваність забезпечується поділом на відсіки, кількість та розташування непроникних поперечних перегородок та напівперегородокповинні бути обґрунтовані відповідними

розрахунками непотоплюваності згідно з **3.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

.2 Розташування форпікової перегородки визначається згідно з вимогами **3.2.4** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

.3 Водонепроникні перегородки можуть встановлюватися за умовами загального розташування судна. Для всіх суден обов'язкове встановлення наступних перегородок:

форпікової в носовій частині;

ахтерпікової;

що відділяє моторне відділення від житлового приміщення.

.4 Водонепроникні перегородки повинні монолітно з'єднуватися із зовнішньою обшивкою та палубою згідно з **7.4.3.2.5**.

.5 Водонепроникні перегородки можуть мати уступи як у горизонтальній, так і вертикальній площині. Розмір уступів не повинен перевищувати одну шпацію, тобто, відстані між шпангоутами по вертикалі та між стрингерами у горизонтальних уступів.

.6 У непроникних перегородках допускається влаштування дверей, горловин з непроникним закриттям з приводом з обох боків перегородки.

7.4.3.5 Надбудови

.1 Надбудови суден і плавучих споруд з корпусом з армоцементу можуть проектуватися міцними, що беруть участь у загальному вигині корпусу, і легкими, що сприймають переважно тільки місцеві навантаження.

Участь надбудови у загальному вигині корпусу визначається наступними умовами:

• довжина надбудови повинна бути не менше ніж шість її висот;

• бічні стінки надбудови повинні сполучатися з бортами корпусу, а поздовжні перегородки надбудови повинні сполучатися з поздовжніми перегородками корпусу або опиратися не менше ніж на три його жорсткі в'язі (поперечні перегородки, рамні бімси, підкріплені пілерсами) та надійно з ними зв'язані;

• торцеві стінки надбудови повинні з′єднуватися з поперечними перегородками корпусу або під торцевими стінками надбудов повинні бути встановлені в’язі, що з’єднують їх з бортами або з поздовжніми перегородками корпусу;

• конструкція з'єднання міцної надбудови з корпусом повинна забезпечувати їхню спільну роботу при загальному вигині корпусу.

.2 Надбудови довжиною більше 0,15*L*, що задовольняють умовам участі у загальному вигині, слід проектувати міцними, розглядаючи їх як верхній поясок розрахункового поперечного перерізу. При цьому:

• борти під бічними стінками міцних надбудов повинні мати посилення довжиною, що дорівнює висоті надбудови до носу та до корми від кінцевих перегородок надбудов;

• розміри і армування в'язей основного корпусу під міцною надбудовою на довжині 2,5 висоти надбудови (або третина ширини корпусу) від торцевих стінок повинні бути такими ж, як за межами надбудови;

• розміри та армування в'язей міцної надбудови на ділянці довжиною менше двох висот надбудови від її кінців можуть бути зменшені до значень, необхідних для забезпечення місцевої міцності;

• палубиі бічні стінки міцних надбудов повинні виконуватися безперервними на всій їх довжині.

.3 Армоцементні надбудови, що беруть участь у загальній поздовжній міцності, можуть мати панельну конструкцію, що складається з ребристих або плоских секцій, міцно зв'язаних між собою ісконструйованих принципово так само, як і елементи армоцементного корпусу.

Армоцементні надбудови, що беруть участь у загальній поздовжній міцності, може мати каркасно-панельну конструкцію, що складається з несучого каркаса, виконаного з окремих стояків і балок, зв'язаних з корпусом і між собою, і армоцементних плоских панелей, що заповнюють ділянки між балками каркасу.

Армування елементів корпусу повинно здійснюватися арматурою у вигляді зварних арматурних сіток.

.4 Матеріал і конструкція міцної надбудови повинні задовольняти вимогам, що пред’являються до матеріалів і конструкцій основного корпусу.

7.4.3.6 Плити

.1 Товщину плит корпусу слід призначати в залежності від типу і розмірів судна, його конструкції та умов забезпечення міцності. У всіх випадках товщина плит не повинна бути меншою, ніж зазначено в табл. 7.4.1.4.

.2 Арматуру плит біля району скули, палубного стрингера, а також біля місць, підданих значному ударному або зосередженому навантаженням, необхідно посилювати шляхом збільшення розмірів або встановленням додаткових стрижнів і місцевих сіток.

.3 Плити корпусу слід армувати двома одинарними сітками, розташованими від зовнішніх поверхонь на відстані, що дорівнює товщині захисного шару.

.4 У плитах днища, палуби і перегородок дозволяється до 40% загальної кількості робочої арматури зовнішньої сітки виконувати у вигляді окремих стрижнів, розташованих над опорами плити, за умови, що довжина їх буде не менше ширини опори плюс 0,4 прогону плити.

.5 При армуванні тонких плит, що не сприймають ударних навантажень (плити перегородок, вигородок і палуб, захищених настилами), дозволяється застосовувати замість двох одинарних сіток одну полуторну, що складається із середніх розподільних стрижнів, до яких з обох боків необхідно кріпити перпендикулярно розташовані робочі стрижні. Забороняється армувати плити зовнішньої обшивки полуторною сіткою.

.6 Опорні перерізи плит необхідно підсилювати шляхом влаштування вутів. Якщо вут враховується під час розрахунку міцності, то його слід армувати спеціальними стрижнями або сітками з таким розрахунком, щоб перпендикулярно ребру було щонайменше 5 стрижнів на 1м погонної довжини вута.

.7 Арматуру плит, що утворюють кут, з'єднують за допомогою зварювання або шляхом перепуску з однієї плити в іншу не менше 60% стрижнів кожної плити на довжину, що дорівнює 15 діаметрам стрижнів, але не менше 150мм.

.8 Арматуру плит, що утворюють тавр, з'єднують за допомогою зварювання або шляхом відгину всіх стрижнів плити, що притикається між сітками іншої плити. Довжина відгину повинна бути не менше 10 діаметрів стрижня.

7.4.3.7 Вирізи

.1 Вирізи в палубах по довжині корпусу слід розташовувати по можливості так, щоб їх вісі лежали на одній лінії, більшою віссюуздовж судна. Кути прямокутних вирізів у плитах палуб або перегородок рекомендується заокруглювати або притупляти. Біля кутів великих вирізів, у яких може бути небезпечна концентрація напружень, слід встановлювати підкріплення. В армоцементних конструкціях у цьому випадку між сітками плити встановлюється додаткова арматура, що розташовується перпендикулярно до бісектриси кута, а якщо кут має випрямлення або заокруглення, то паралельно його контуру.

.2 У всіх випадках робоча арматура палуб, перерізана вирізом, розташованим на відстані, що дорівнює або менше 1,5 ширини вирізу від борту, або ширина якого більша або дорівнює 0,15 ширини корпусу, повинна бути компенсована встановленням додаткових стрижнів або конструкцій. При цьому:

• компенсуючу арматуру слід перепускати за переріз вирізу на 30 діаметрів, якщо вона приварюються до арматури поперечного напрямку, і на 50 діаметрів, якщо вона до неї не приварюється;

• площа поперечного перерізу компенсуючої арматури повинна бути не менше площі перерізаної арматури цього ж напрямку при однакових характеристиках міцності компенсуючої та основної арматури. Якщо компенсуюча та основна арматура мають різні характеристики міцності, площа компенсуючої арматури може бути змінена пропорційно співвідношенню границь плинності основної і компенсуючої арматури;

• поздовжня арматура, що компенсує перерізану вирізом арматуру палуби, повинна відстояти від поздовжньої кромки вирізу на відстані, що не перевищує половини відстані поздовжніх кромок вирізу від борту. Якщо виконати цю вимогу неможливо, компенсуючу арматуру слід розташовувати в поздовжніх армоцементних комінгсах, надійно з'єднуючи її зварюванням з основною арматурою палуби;

• конструкція та армування армоцементних комінгсів повинні відповідати конструкції та армуванню основних елементів корпусу;

.3 Кути вирізів, що мають металевий комінгс або окантовку, слід заокруглювати або притупляти.

.4 Отвори в палубі, зовнішній обшивці, перегородках діаметром менше двох товщин не підкріплюються.

Відстань від кромки отвору до арматури повинна бути не менше розміру захисного шару.

.5 Отвори діаметром понад дві товщини повинні мати заставну шайбу або кільце, які міцно зв'язані з арматурою армоцементу.

7.4.3.8 Міжсекційні з'єднання

.1 Секції корпусу слід стикувати одну з іншою та з монолітно виготовленими елементами на випусках арматури.

Для стикування розташованих усередині корпусу елементів можна застосовувати закладні деталі.

Стики секцій повинні бути розташовані по можливості в менш напружених місцях. Відпускна міцність бетону секцій повинна бути не менше 70% марочної.

.2 З'єднання палуби і транця з бортовою обшивкою здійснюється у вигляді безупинного переходу армуючих сіток з радіусом заокруглення 40мм.

Аналогічно здійснюється перехід палуби в стінки рубок, а останніх - у палубу рубок, палуби - у стінки кокпітатощо.

.3 Перехід внутрішніх кромок шпангоута в бімс повинний бути округлений радіусом.

.4 При конструюванні стиків необхідно дотримуватися наступних умов:

• при стикуванні на випусках арматури відстань між крайками секцій повинна бути: для плит - не менше двох товщин плити, а для балок - не менше подвоєної ширини або половини висоти ребра і у всіх випадках не менше 100мм;

• відстань між рівнобіжними елементами арматури стиків або між розташованими в стику деталями, що з’єднують, повинна дорівнювати половині діаметру арматури, але не менше 10мм;

• у місці стику не допускаються потовщення плит, які виступають з корпусу.

.5 Біля стику, на випусках арматури, з'єднання стрижнів необхідно робити зварюванням внапуск або у стик за допомогою накладок.

.6 Закладні деталі, що встановленні в площині секції, повинні бути закріплені в бетоні не менше ніж двома анкеруючими стрижнями. Деталі, що сприймають зусилля, що зсувають, повинні мати не менше чотирьох анкерних стрижнів, які розташовуються в два ряди. Анкерні стрижні повинні виконуватися з арматури періодичного профілю. Анкери з гладкої арматури допускається застосовувати тільки при наявності посилень на їх кінцях у вигляді пластинок, висаджених голівок і поперечних стрижнів-коротишів.

.7 Довжина анкерних стрижнів повинна бути не менше 15 їх діаметрів.

При неможливості виконання цієї вимоги довжину анкерів допускається зменшити до трьох діаметрів за умови приварки перпендикулярно до кінців анкерів кожного з наступних елементів (рис. 4.4.4.3.8.7):

квадратної пластини товщиною не менше 5мм зі стороною квадрата не менше чотирьох діаметрів анкеру або 30мм, у залежності від того, що більше;

круглих шайб товщиною не менше 5мм і діаметром не менше трьох діаметрів анкеру або 30мм, у залежності від того, що більше;

двох поперечних стрижнів того ж діаметра, що й анкер, які мають довжину, яка дорівнює п'ятьом діаметрам стрижня (при d≥ 12мм), або одного такого ж стрижня при d <12мм.

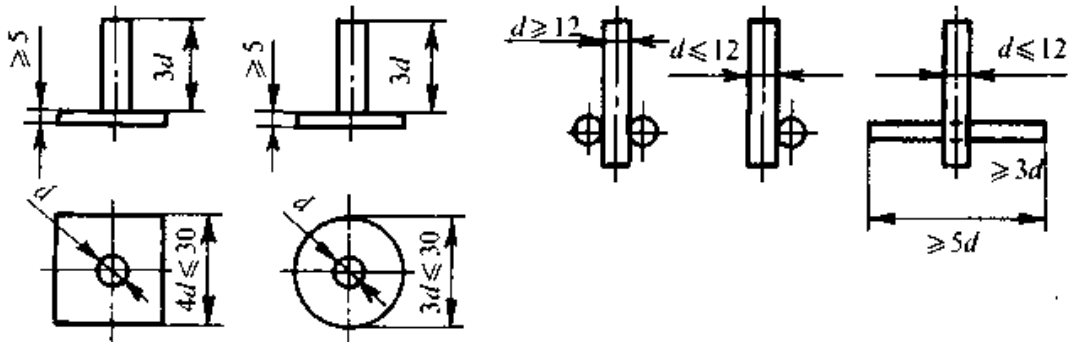


Рис. 7.4.3.8.7 Деталі підсилення анкерів

.8 Кріплення до закладних деталей повинне здійснюватися з урахуванням наступного:

• приварювання безпосередньо до заставних планок, що встановлені у плитах корпусу, які піддаються постійному впливу рідин (наприклад, у днищі, бортах, перегородках і палубах цистерн тощо), допускається в тому випадку, якщо заставні планки після зварювання будуть забетоновані. При цьому зварювання повинне виконуватися точковими або переривчастими швами;

• приварювання суцільним швом допускається тільки до закладних деталей, встановлених у балках, у водо-, нафто- і газонепроникних елементах корпусу, а також до віддалених не менше ніж на 50мм від поверхні плит частинам закладних деталей.

.9 Для з'єднання секцій зовнішньої обшивки і водонепроникних перегородок повинні використовуватися стики на випусках арматури.

В усіх випадках при зварюванні арматури суцільними зварними швами відстань від зварного шва до поверхні бетону повинна бути не менше 50мм.

.10 Стики секцій повинні розташовуватися в місцях,з ручних для монтажу, зварювання і бетонування міжсекційного з'єднання. Слід уникати горизонтальних стиків у вертикальних елементах. Допускається поєднувати водному тавровому стику з'єднання плит обшивки і пов'язаною з ними плити перегородки.

.11 Сталеві елементи і конструкції композитних суден слід приварювати суцільним двостороннім швом у стик або в тавр до суцільних закладних деталей, що встановлені у залізобетонному корпусі (рис. 7.4.3.8.11). При цьому з'єднання, до яких пред'являються вимоги забезпечення водонепроникності, рекомендується виконувати по рис. 7.4.3.8.11, *а, в*і *г,* а інші по рис. 7.4.3.8.11, *б.* При цьому необхідно:

• в з’єднаннях сталевих конструкцій з залізобетонними встановлювати стовщену, не менше ніж на 5мм закладну деталь, в порівнянні зі сталевими листами, що з’єднуються;

• зварний шов, що з’єднує, повинний бути віддалений від бетону не менше ніж на 50мм;

• при необхідності слід встановлювати додаткову арматуру або упори, що приварюються до заставного листа для сприйняття зрізуючи зусиль, які діють у площині примикання бетону до цього листа;

• у всіх випадках заставний лист, що монолітно з’єднується з бетоном, не повинний перетинати водонепроникні плити.

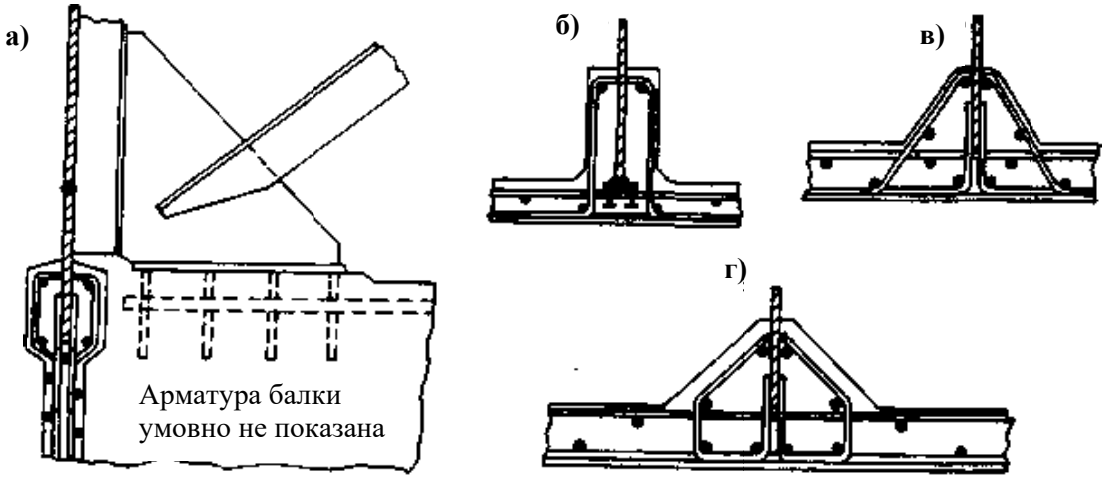


Рис. 7.4.3.8.11 Вузли з’єднання із сталевими елементами

.12 Показники міцності, непроникності і морозостійкості бетону стиків повинні бути не нижче, ніж у бетону основного корпусу.

.13 Монолітно з’єднувати стики необхідно звичайним (ручним) або механізованим способом. За узгодженням з Регістром монолітне з’єднання стиків внутрішніх елементів корпусів суден (стиків перегородок і вигородок з днищем, палубою і бортами, стиків елементів надбудов з корпусом і одного з іншим) допускається способом закарбування.

.14 Для виключення заморожування бетону при негативних температурах забороняється бетонування стиків і монолітних елементів без спеціальної технології, погодженої із Регістром.

.15 Розпалубка стиків і монолітно виготовлених елементів допускається після досягнення бетоном наступних показників міцності (у % від марочної):

для вертикальних елементів - 35;

для горизонтальних елементів - 50.

.16 Навантажувати стики і монолітні елементи (випробування на непроникність, пересування судна на стапелі, спуск на воду тощо) допускається тільки після досягнення бетоном міцності не менше 70% марочної.

8 ФУНДАМЕНТИ, БАЛАСТОВІ КІЛІ І КРІПЛЕННЯ

8.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

8.1.1 Область поширення

Цей розділ поширюється на підкріплення, фундаменти під двигуни, обладнання та системи, кріплення баластових кілів всіх типів суден, що розглядаються у розділах **4 ÷ 7**.

8.1.2 Фундаменти під двигуни та механізми

.1 На додаток до загальних вимог **4.4, 5.3** та розділів **6 ÷ 7** всі несівні конструкції повинні витримувати і передавати як навантаження від розрахункового тиску, що визначається згідно з **2.4**, так і додаткові навантаження, що накладаються на них від двигуна під час експлуатації судна. Ці навантаження є, як правило, зосередженими і можуть включати, але не обмежуючись цим:

• вага двигуна, з урахуванням будь-яких прискорень, які діють на двигун при його типовому використанні, наприклад, при вертикальних і поперечних переміщеннях на хвилюванні, на швидкості при високих обертах тощо;

• зусилля тяги, якщо вони передаються кріпленням двигуна, а не передаються упорним підшипником;

• сумарний крутний момент двигуна та гребного гвинта;

• зусилля, спричинені вібрацією працюючого двигуна;

• деформації повзучості кріплення двигуна через постійне навантаження вагою двигуна (навіть у стані спокою).

.2 Також повинна перевірятися втомна міцність матеріалу корпусу поблизу гребного гвинта, де вібрація призводить до коливань напружень з великою частотою.

8.1.3 Фундаменти упорних підшипників та деталей такелажу

.1 Упорні підшипники, деталі такелажу та подібні до них поглинаючі упор пристрої, як правило, поміщають між двома поздовжніми елементами жорсткості, які забезпечують передачу тягових зусиль від поглинаючих пристроїв на сусідні конструкції корпусу. Поздовжні балки фундаментів, які розташовані спереду або ззаду цих елементів, можуть бути об'єднані в одну конструкцію. Як правило, балки фундаменту стаціонарного двигуна повинні бути в одній поздовжній площині з балками цих фундаментів. Закінчення фундаментів повинні виконуватися плавним зниженням висоти протягом 2 шпацій або з'єднуватися кницями з опорними елементами корпусу таким чином, щоб уникнути концентрації напружень.

.2 Усі несівні конструкції повинні витримувати як розрахунковий тиск згідно з **2.4**, так і додаткове навантаження, що накладається на них при передачі тягових зусиль від поглинаючих упор пристроїв.

.3 Ці навантаження можуть включати, але, не обмежуючись цим:

• вагу пристрою, з урахуванням будь-яких прискорень, що діють на пристрій у звичайних умовах плавання, наприклад, вертикальних та поперечних прискорень на хвилюванні, швидкості при високих обертах і зіткненні;

• силу тяги;

• гідродинамічну силу опору;

• сумарний крутний момент двигуна та гребного гвинта;

• зусилля, викликані вібрацією працюючого двигуна або гребного гвинта, що обертається (передаються через вал);

• тиск при торканні судном ґрунту.

Ці навантаження можуть передаватися на конструкції у вигляді зосереджених навантажень.

8.2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

Фундамент – конструкція, призначена для встановлення та кріплення суднових технічних засобів у корпусі, сприйняття діючих зусиль, передачі та розподілу їх на основні елементи корпусу.

Опорний лист – плоска деталь, поверхня якого використовується для встановлення та кріплення двигуна та суднового обладнання.

Опорна пластина – плоска деталь круглої або прямокутної форми, що служить для розподілу навантаження від болтів кріплення баластового кіля або кронштейнів гребного валу на обшивку неметалевого корпусу судна. Може бути виготовлена з металу або АВ-пластику.

Платик – плоска деталь прямокутної форми, яка накладається на опорний лист металевого фундаменту та приварюється до неї для зменшення площі обробки поверхні опорного листа.

Кутник – деталь у вигляді профілю (кутника), що служить для розподілу та передачі навантаження від болтів кріплення баластового кіля або кронштейнів гребного валу на обшивку та набір корпусу судна. Кутник з металу (башмак) кріпиться до набору болтами, приформувальний косинець з АВ-пластику накладається на обшивку та стінку набору корпусу.

Кронштейн гребного валу - конструкція зовні судна для створення опори гребному валу, що складається з маточини, через яку проходить вал, і однієї або двох лап, що кріпляться до зовнішньої обшивки корпусу.

Гребний вал - вал, що зв'язує двигун із гребним гвинтом.

Гребний гвинт - судновий рушій, який складається з двох або більше, розташованих радіально, лопатей.

8.3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ

8.3.1 Матеріали фундаментів повинні відповідати вимогам розділу **2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

8.3.2 Фундаменти під суднові механізми (двигуни, редуктори, насоси тощо) повинні мати досить міцну та жорстку конструкцію, що забезпечує надійне кріплення механізмів до жорстких в’язей корпусу. Жорсткість фундаментів під суднові механізми і перекриття, на які вони встановлюються, повинні відповідати вимогам, що вимагаються технічними умовами на їх монтаж і експлуатацію цих механізмів.

8.3.3 Конструктивні вузли та елементи фундаментів, як правило, повинні бути виготовлені з того самого матеріалу, що й основний корпус.

8.3.4 Поздовжні балки фундаментів під механізми повинні мати тавровий профіль. Пояски поздовжніх балок, що є опорними листами, повинні виготовлятися з безперервних полос.

8.3.5 Поблизу болтів кріплення механізмів опорні листи повинні підкріплюватися вертикальними кницями. Висота книць повинна бути не менше ніж у два рази більшою за їх ширину, а товщина дорівнювати або бути на 1мм менше товщини стінки фундаменту.

У бракетах і кницях фундаментів допускається виконання полегшуючих вирізів.

8.3.6 Фундаменти для малих допоміжних механізмів можуть бути виконані у вигляді кронштейнів, балок Г-подібного та П-подібного профілю, що приєднуються до обшивки та набору корпусу. Фундаменти слід розміщувати в найменш напружених ділянках в’язей таким чином, щоб опорні елементи фундаменту були встановлені в площинах стінок набору, або в площині стінок фундаментів повинні встановлюватися ребра жорсткості, що підкріплюють.

8.3.7 Конструкція фундаментів повинна забезпечувати доступ до огляду обшивки/настилу під ним.

8.4 РОЗМІРИ ТА КОНСТРУКЦІЯ МЕТАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ ПІД СТАЦІОНАРНІ ДВИГУНИ

8.4.1 Поздовжні балки фундаментів під головні механізми повинні бути сполучені з стрингерами днища або повинні бути передбачені додаткові в'язі, що забезпечують плавну передачу зусиль на корпус.

8.4.2 Висота стінок поздовжніх балок залежить від розташування двигуна, однак, вона повинна бути не меншою за висоту флорів машинного відділення.

Товщина стінок повинна бути на 1мм більше товщини флорів при поперечній системі набору днища машинного відділення або на 40% товщі стінок стрингерів при поздовжній системі набору.

8.4.3 Поздовжні балки фундаменту під стаціонарний двигун повинні бути підкріплені на кожному флорі поперечними бракетами, що зв'язують поздовжні балки одну з іншою, ікницями, встановленими із зовнішньої сторонибалок фундаменту, від осьової лінії вала двигуна. Ширина бракетповинна бути не меншою від їх висоти, а товщина - на 20% більше товщини стінок флорів, у площині яких встановлені бракети.

Вільні кромки бракет і книць при довжині, що перевищує 40 їх товщин, повинні мати поясок або фланець. Кінці поясків мають бути зрізані «на вус».

Допускається виконувати полегшуючі вирізи в стінках поздовжніх балок фундаменту під стаціонарний двигун, при цьому вирізи в стінках поздовжніх балок повинні бути підкріплені обичайками.

8.4.4 Розміри поясків поздовжніх балок, на які встановлюється двигун, повинні відповідати опорним поверхням двигуна; при цьому площа поперечного перерізу пояска повинна бути не менше 2-кратної площі поперечного перерізу пояска флорів машинного відділення.

8.4.5 Рекомендована товщина елементів фундаментів під механізми наведена у табл. 8.4.5.

Таблиця 8.4.5 **Товщини елементів металевих фундаментів під механізми**

Механізм		**Фундамент**	
Діаметр болта	**Маса механізму**	**Товщина опорного листа**	**Товщина бракет і стінок поздовжних балок**
6 мм	До 0,4т включно	4мм	3 ÷ 4мм
8 мм			
10мм		5мм	4мм
12мм			
14мм		6мм	4 ÷ 5мм
16мм			
18мм	Від 0,4т до 2,0т включно	8мм	5 ÷ 6мм
20мм			
22мм		10мм	6 ÷ 8мм

8.5 КРІПЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ

8.5.1 Кріплення фундаментів до металевого корпусу

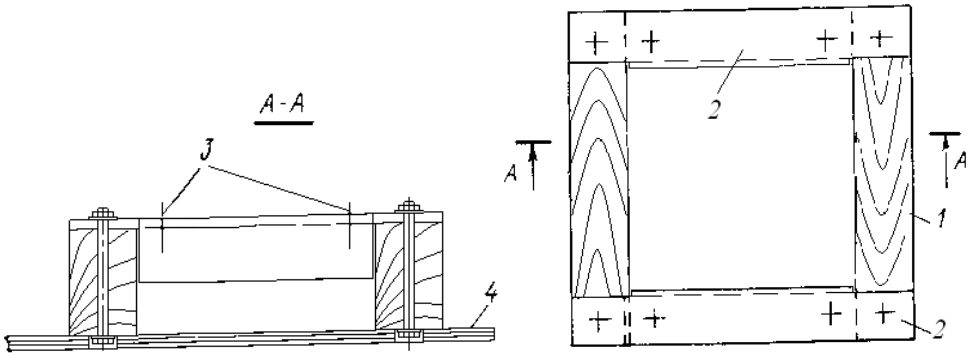
.1 Фундамент повинен кріпитися до набору корпусу або обшивки в площині набору. Якщо це неможливо, повинні бути встановлені додаткові підкріплення у площині стінок та бракет фундаменту.

.2 Кріплення фундаменту до металевого корпусу виконується за допомогою зварювання або клепки.

.3 Вимоги до корпусних конструкцій у районі розташування фундаментів під головні двигуни викладено у **4.4.2.7**.

8.5.2 Кріплення фундаментів до дерев'яного корпусу

.1 Фундаменти повинні з'єднуватись з елементами корпусу з дерева на болтах через додаткові деталі (фланці, приварні полоси). Приклади кріплення металевих фундаментів до ребер жорсткості показані на рис.8.5.2.1 та 8.7.2.3 б).



Позначення:
1 – дерев'яні ребра жорсткості; 2- металеві частини фундаменту;
3 - отвори під болти кріплення; 4 - обшивка корпусу.
Рис.8.5.2.1. Кріплення металевого фундаменту до РЖ із дерева.

.2 У місцях встановлення фундаментів дерев'яні поверхні повинні покриватися мастикою відповідного складу для захисту від контакту з металом або повинні встановлюватися прокладки.

.3 Отвори для кріплення у дереві необхідно покривати консервуючим складом або наскрізні отвори після встановлення болтів повинні герметизуватися, наприклад, епоксидним клеєм, для забезпечення непроникності.

.4 Кріплення фундаментів повинне відповідати вимогам **6.7.5.**

8.5.3 Кріплення фундаментів до корпусу з армоцементу

.1 Суднові пристрої, механізми та обладнання на суднах з армоцементу повинні встановлюватись на металеві опорні листи.

.2 Кріплення фундаментів до корпусу з армоцементу виконується за допомогою приварювання до металевих закладних деталей у корпусі або за допомогою наскрізних або анкерних болтів.

Кріплення наскрізними болтами допускається тільки до палуби і балок набору, а також до частин корпусу, що виступають.

.3 Корпусні конструкції в районі фундаментів під двигун та пристрої великої маси повинні мати місцеві потовщення. Під головки болтів, що безпосередньо стикаються з бетоном, необхідно встановлювати опорні пластини або шайби збільшеного діаметру.

.4 Для забезпечення водонепроникності корпусних конструкцій болтові з'єднання герметизуються компаундом або ущільнюються підмотуванням під головки льоноволокна на білилах.

.5 Застосування анкерних болтів діаметром менше 12мм, за умови забезпечення надійного замурування, допускається для кріплення до всіх частин корпусу, крім плит зовнішньої обшивки та водонепроникних перегородок.

.6 Якщо закладні деталі кріплять за допомогою зварювання, їхня товщина повинна становити не менше 5мм. Для закладання деталі в бетон необхідні не менше 2 анкерів діаметром не менше 8мм.

Щоб уникнути надмірного перегріву прилеглого бетону та значних зварювальних деформацій закладних деталей, їх необхідно зварювати точковими або переривчастими швами з довжиною провару не більше 40мм і катетом шва не більше 5мм.

.7 Труби, що проходять через водонепроникні перегородки або зовнішню обшивку, необхідно кріпити до обшивки за допомогою спеціальних закладних деталей (стаканів з фланцями, коробок, закладних листів тощо), з анкерами або приварених до арматури плити.

.8 Кріплення слабко навантажених елементів можна виконувати за допомогою болтів та гужонів, закріплених у балках набору або плитах палуби.

За погодженням із Регістром маловідповідальні та слабонавантажені деталі допускається кріпити до армоцементу за допомогою спеціальних клеїв.

8.6 КОНСТРУКЦІЯ ІНШИХ МЕТАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ

Конструкція металевих фундаментів, інших, ніж під стаціонарні двигуни, повинна відповідати вимогам до металевих конструкцій, викладених у розділі **4** і **Додатку F** цієї частини Правил**.** Типові конструкції фундаментів наведені в **Додатку К** цієї частини Правил. Товщина елементів фундаментів може призначатися за табл. 8.4.5.

8.7 ФУНДАМЕНТИ З АВ-ПЛАСТИКУ

8.7.1 Загальні положення

Встановлення стаціонарних двигунів на суднах з АВ-пластику зазвичай виконують на амортизаторах, щоб демпфувати вібрацію. Повинно бути враховано вплив виду опор на центрування лінії двигуна та гребного валу. Коли гребний вал опирається на кронштейн гребного гвинта, кріплення двигуна, редуктора і гвинта зазвичай слід виконувати одним із наведених нижче способів, щоб уникнути проблеми занадто великого ступеня свободи, яка може викликати сильну вібрацію:

а) кріплення двигуна та редуктора на амортизаторах, жорстке з'єднання редуктора і гребного валу, «плаваючі» сальник і вал;

б) кріплення двигуна та редуктора на амортизаторах, гнучке з'єднання редуктора іупорного підшипника еластичною муфтою та жорстке кріплення сальника і гребного валу.

8.7.2 Фундаменти під стаціонарний двигун

8.7.2.1 Розміри балки фундаменту під стаціонарний двигун визначаються розрахунком згідно з **3.4** з урахуванням дії навантаження від двигуна та протидії навантаження від тиску на днище згідно з **2.4.**

Розміри П-подібної балки фундаменту з стінками із склопластику та заповнювачем з пінопласту можуть визначатися за наближеними формулами, наведеними нижче.

Ширина і висота балки, мм:

$$b_{\text{b}} = h = 78,7 \times Sn^{0,3} \qquad (8.7.2.1\text{-}1)$$

Якщо замість вставки із сталі поз. 2 та сталевого кожуха поз. 5 (див. рис. 8.7.2.3) передбачається вставка з деревини, висота балки *h* повинна бути збільшена в 1,5 рази.

Товщина стінки/пояска, мм:

$$t_{\text{W}} / 2 = 6,45 \times Sn^{0,4} \times \%\upsilon_{\text{n}}, \qquad (8.7.2.1\text{-}2)$$

де S_{n} - фактор розмірів судна, що визначається за формулою:

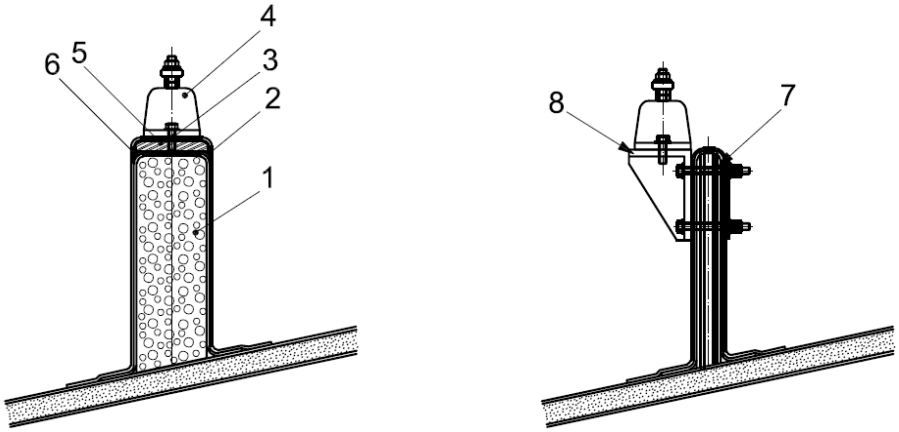
$$Sn = \frac{L_{\text{H}} \times B_{\text{H}} \times D}{28,3} \qquad (8.7.2.1\text{-}3)$$

та: L_{H}, B_{H}, D – відповідно найбільша довжина, найбільша ширина і висота борту судна на міделі;

$\%\upsilon_{\text{n}}$.- відсоток збільшення максимальної швидкості судна υ відносно швидкості υ_{n} у 25 вузлів (45км/год): $\%\upsilon_{\text{n}}=\upsilon/\upsilon_{\text{n}}$..

8.7.2.2 Стаціонарні двигуни, зазвичай, закріплюються на фундаменті з двох поздовжніх балок. На великих суднах фундамент двигуна, як правило, підтримується флорами і перегородками. Балки фундаменту повинні простягатися до носу і до корми судна, наскільки це можливо. Балки можуть закінчуватися на рівні переднього та заднього габаритів двигуна, за умови забезпечення достатньої міцності та жорсткості і ефективної передачі навантаження на конструкції корпусу шляхом плавного зниження висоти на довжині 2 шпацій або з'єднання з поперечними опорами (посиленим флором або перегородкою).

8.7.2.3 На рис. 8.7.2.3 показані типові способи кріплення двигуна, які можуть застосовуватись для будь-якого матеріалу фундаменту (АВ-пластик, фанера). Інші способи застосовуються, якщо вони забезпечують адекватну міцність.



а) Кріплення на полиці фундаменту б) Кріплення через башмак

Позначення: 1 – РЖ із заповнювачем із пінопласту або фанери;
2 - сталева вставка всередині РЖ для сприйняття стискаючого навантаження;
3 – болт;
4 – амортизатор двигуна;
5 - сталевий кожух, підігнаний формою стінки;
6 - шар епоксидної смоли;
7 – балка з ламінованої фанери;
8 - черевик (металевий косинець з кницею).

Рис. 8.7.2.3. Кріплення стаціонарного двигуна на судні із АВ-пластику

8.7.2.4 На рис. 8.7.2.3 а) показано типове кріплення на фундаменті із заповнювачем з пінопласту або фанери. Амортизатор встановлюється на полиці РЖ і кріпиться болтами до вставки зі сталі. При матеріалі заповнювача балки фундаменту з пінопласту і висоті балки значно вище, ніж визначається за формулою (8.7.2.1-1), необхідно встановлювати сталевий кожух за формою балки, щоб стискаюче навантаження від двигуна не пошкоджувало пінопласт і щоб уникнути втрати стійкості балки.

8.7.2.5 На рис. 8.7.2.3 б) показано компонування, де амортизатор встановлюється на башмак, що кріпиться до балки з фанери.

8.7.2.6 Діаметр болтів кріплення амортизатора до фундаменту може бути зменшений, порівняно з вимогами табл. 8.4.5:

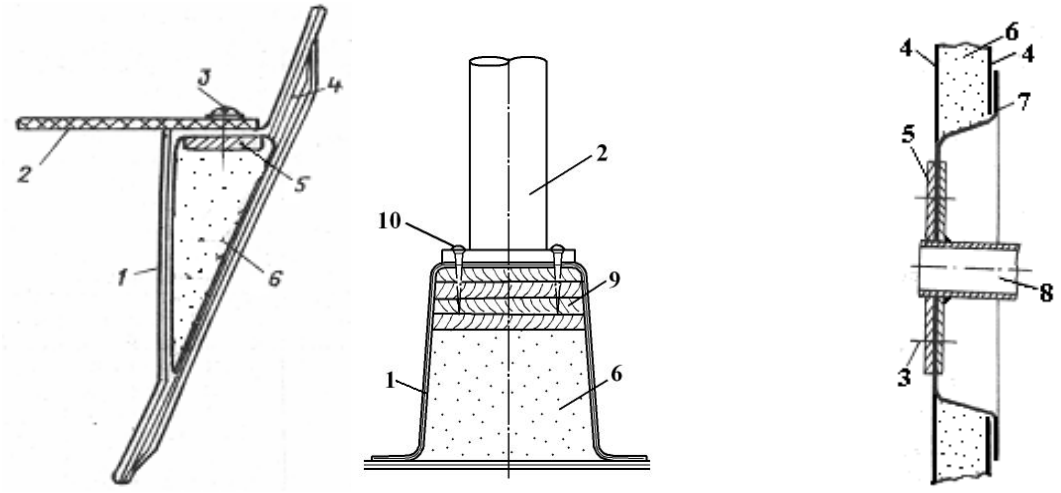
• до 70% при кріпленні амортизатора на двох болтах;

• до 50% при кріпленні амортизатора на 4 болти.

Діаметр, що приймається, повинен округлятися до найближчого цілого значення у більшу сторону.

8.7.3 Інші фундаменти

8.7.3.1 На рис. 8.7.3.1 показані типові способи кріплення інших деталей: банок, стаканів трубопроводів, невеликих пристроїв.

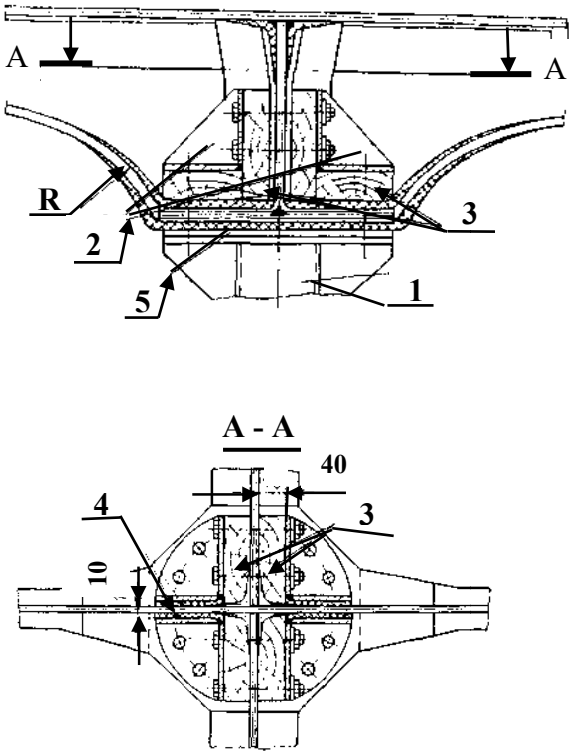


а) Банка б) Пілерс в) Стакан трубопроводу

Позначення:
1 – стінка елемента жорсткості;
2 - деталь, що закріплюється;
3 - гвинт;
4 - оболонка тришарової панелі;
5 - металева вставка/кільце;
6 – заповнювач;
7 - перехід тришарового ламінату в одношаровий;
8 – труба з фланцем;
9 – вставка з ламінованої деревини;
10 - шуруп.

Рис. 8.7.3.1. Кріплення деталей на корпусі із АВ-пластику

8.7.3.2 Кріплення пілерса, який сприймає значне зосереджене навантаження, рекомендується виконувати в місці перетину ребер жорсткості з фанери за допомогою башмаків з легкого сплаву або сталі, як показано на рис. 8.7.3.2.



Позначення:
1-пілерс; 2 – башмак-кутник; 3 – прокладка з дерева;4 – вирівнююча прокладка;
5 – встановлювана прокладка.
Розміри вказані в мм
Рис. 8.7.3.2 Вузол кріплення пілерсу

8.8 БАЛАСТОВІ КІЛІ ТА ЇХ КРІПЛЕННЯ

8.8.1 Конструкція нерухомого баластового кіля

Від одного до кількох нерухомих кілів може бути встановлено на днищі вітрильного судна, як показано на рис. 2.6.2.1, а) ÷ в). Основа або фланець кіля повинні прилягати по площині до поверхні обшивки днища.

Як матеріал для виготовлення баластового кіля може застосовуватися метал, пластик, армований волокном, деревина або їх композити.

Конструкція металевого баластового кіля може бути литою, виточеною із суцільної заготовки або зварною.

Товщина обшивки, перемичок та основи/фланцю зварного баластового кіля визначається відповідно до **3.5**.

8.8.2 Зварні шви металевих кілів

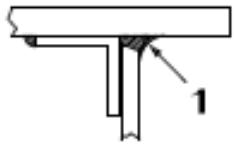
При виготовленні кіля або інших деталей зі сталі з обмеженим доступом може знадобитися з'єднання внапуск обшивки кіля і підкладки/полиці перемички та застосування способу зварювання в прорізі або електрозаклепками.

Спосіб зварювання в прорізі здійснюється приварюванням кутовим швом по периметру вирізу в обшивці кіля. Спосіб зварювання електрозаклепками виконується повним заплавленням об'єму прорізу в обшивці кіля.

Для деталей, що зазнають невеликого навантаження, допускається замінювати суцільні шви (тобто двосторонні таврові та стикові шви, див. рис. 8.8.2) на зварювання в прорізах або електрозаклепки з оцінкою міцності запропонованої конструкції розрахунком та оглядом (див. **Додаток I** цієї частини Правил). . Розрахунок міцності особливо важливо виконати для основи плавника кіля, яка сприймає максимальне напруження, і для деталей, пов'язаних з кілем, наприклад, для кріплення осі кіля, що коливається. Рекомендується спосіб зварювання у прорізі.

Спосіб зварювання електрозаклепками не можна застосовувати в районах з високими напруженнями. Для найбільш навантажених ділянок рекомендується використання зварювання на підкладці та шліфування зварного шва для зниження концентрації напружень (див. табл. I.2 **Додатку I** цієї частини Правил).

а) стиковий шов
на підкладці із пластини



б) кутовий шов
на підкладці із кутника

Позначення: 1 - один або декілька проходів зварного шва і наступне шліфування утворюють плавний перехід.

Рис. 8.8.2. Вузли з'єднання при зварюванні на підкладці

Настійно рекомендується контроль якості зварних швів кіля, що виготовляється. Зварні шви в таких місцях рекомендується перевіряти методами неруйнівного контролю: радіографічним, ультразвуковим або магнітно- порошковим, в залежності від конкретного випадку.

Для зварних швів сталевих кілів застосовні вимоги **3.3** і **3.4** частини XIV «Зварювання» Правил класифікації та побудови морських суден.

Для конкретних методів неруйнівних випробувань прийнятні рівні оцінки дефектів залежно від встановлених рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817 або відповідним стандартом ISO, а також вимоги до методики і класу контролю встановлюються стандартом ДСТУ EN ISO 17635 або відповідними стандартами ISO чи EN.

Згідно з трибальною системою оцінки якості, зварні шви баластових кілів повинні мінімально відповідати балу **C** згідно до ДСТУ ISO 5817 (не допускаються поверхневі тріщини, підрізи або непровари).

Для відповідальних зварних швів – наприклад, біля основи глибокого кіля та, зокрема, при зварюванні у прорізі – рекомендується відповідність балу **B** згідно до ДСТУ ISO 5817.

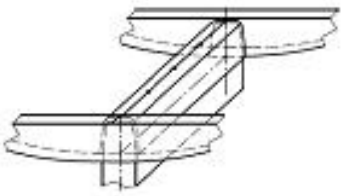
8.8.3 Конструкція баластового кіля з іншим кріпленням до корпусу

Кріплення таких кілів не прилягає площиною до обшивки днища. Типи таких кілів (див. рис. 8.8.3) наведені нижче:

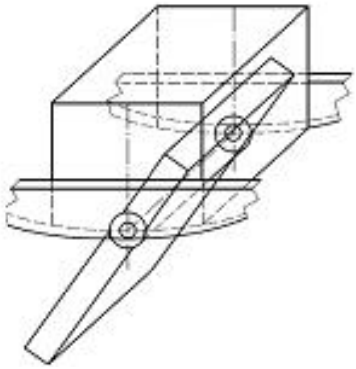
а) Кіль з клиноподібним з'єднанням - нерухомий кіль з основою типу "тато" вставляється в рецес корпусу судна типу "мама" і закріплюється болтами тільки по осі плавника. Таке кріплення переважно передає вертикальне навантаження від ваги кіля на конструкції корпусу. Клиноподібна форма з'єднання забезпечує міцність кріплення кілів невеликої маси при крені та перекиданні судна (див. рис. 8.8.3 а)).

б) Підіймальний кіль, що опускається або підіймається за допомогою шківів чи плунжерів у колодязі. Колодязь може продовжуватися вгору і кріпитися до палуби. Якщо колодязь не доходить до палуби надводного борту, верхня кромка колодязя повинна бути розташована вище за КВЛ (див. рис. 8.8.3 г)).

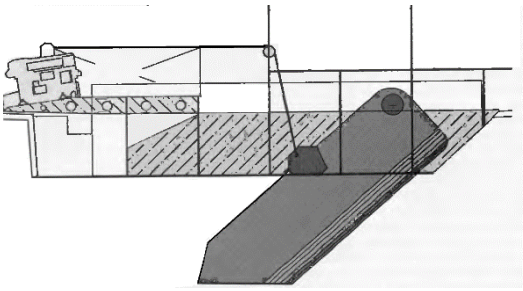
в) Кіль, що коливається (див. рис. 8.8.3 б)), або кіль, що опускається поворотом навколо осі кріплення (див. рис. 8.8.3 в)). Для таких кілів рецесу корпусі («мокрий ящик») повинен залишатися водонепроникним, принаймні, до висоти $0{,}01L_{WL}$ вище КВЛ для того, щоб забезпечити водонепроникність у разі течі або втрати кіля. Водонепроникність може забезпечуватися за допомогою встановлення гнучких елементів, наприклад, хутра. Конструкція деталей повинна передбачати: передачу зусиль від осі обертання кіля, роботу у разі течі або поломки кріплення або системи, а також захист навколишнього корпусу від ударів кіля, наприклад, фіксаторами або обмежувачами.



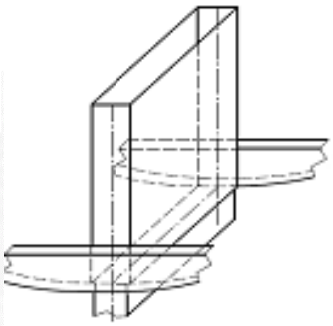
а) Клин кіля типу «тато» у рецесі типу «мама»



б) Кіль, що коливається



в) Підіймальний кіль у рецесі



г) Підіймальний кіль у колодязі

Рис. 8.8.3. Конструкції кріплення кілів, відмінних від кілів, що прилягають до поверхні обшивки днища.

8.8.4 Кріплення баластових кілів

8.8.4.1 Кріплення кільовими болтами

Способи кріплення баластного кіля болтами в залежності від матеріалу корпусу судна показано на рис. 3.5.4.2.7, 3.5.5.4.2, 3.5.5.5.3-1, 3.5.5.5.3-2. Вимоги до розмірів елементів обшивки, кіля та кріплення наведено у **3.5**.

Особливості кріплення при різних матеріалах корпусу судна наведені нижче.

.1 Елементи кріплення з АВ-пластику

Розміри елементів обшивки, кіля, приформувальних кутників та опорних пластин з АВ-пластику визначаються у **3.5.5.5**.

Мінімальна товщина опорної пластини відповідає вимогам жорсткості при передачі навантаження від болта (сила та момент) на ребро жорсткості, що дозволяє уникнути деформації вигину обшивки днища. Така жорсткість може бути досягнута за допомогою інших засобів (приформувальний кутник) за умови досягнення того ж результату.

Товщина обшивки в районі кільових болтів включає товщини: обшивки днища; прилеглих фланців П-подібного флора; приформування; опорної пластини або приформувального кутника.

Застосування опорних пластин не виключає використання шайби між головкою болта або гайкою та опорною пластиною, яка необхідна для зменшення тертя при затягуванні болта, як це рекомендовано у **8.8.5.**

Рекомендується виконувати заокруглення на кромках та кутах опорної пластини, щоб не підрізати обшивку днища і, зокрема, щоб уникнути пошкодження згину між прилеглим фланцем та стінкою флора/балки.

Кільові болти на суднах з АВ-пластику не повинні проходити через верхній фланець П-подібних флорів/балок – лише через прилеглі фланці.

Навантаження від болта повинно ефективно передаватися на прилеглий фланець флора або балки, що виконується відповідно до вимог табл. 3.5.5.5.2 із поясненнями.

Якщо флор або система флорів були виготовлені окремо від обшивки днища і з'єднуються з нею на клею з приформовуванням, вони повинні витримувати, не виходячи за межі допустимого напруження, стиснення від натягу болтів, на додаток до дотичного напруження.

У районі кріплення кіля тришарова обшивка повинна переходити в одношарову.

Для одношарової обшивки її товщина в районі кіля повинна зростати поступово, як зазначено у табл. 3.5.5.5.2, і зміна маси сухих волокон повинна відбуватися не більше 0,6кг/м^2 на 25мм довжини переходу.

.2 Елементи кріплення до металевого корпусу

Для металевих корпусів суден приварювання пустотілого короба для фіксації болта до стінки набору може бути достатнім, якщо обшивка днища досить товста. Однак найкращим рішенням може стати застосування прутків круглого або квадратного суцільного перерізу із свердлінням отворів під болти та з приварюванням їх на повну висоту до стінки набору, як показано на рис. 3.5.5.5.3-2, б). Зварний шов повинен передавати зусилля від болта із великим запасом міцності. Зварні шви повинні витримувати граничне навантаження в 3÷ 5 разів більше, ніж болт. У **Додатку F** цієї частини Правил наведено рекомендації щодо виконання зварювальних робіт.

Відношення висоти стінки флорів до товщини повинно відповідати таблицям 3.4.7.2-1 і 3.4.7.2-2, можливо, з множенням на коефіцієнт 1,2, щоб забезпечити зміну допустимого напруження згідно **3.5.4.5.**

Товщина обшивки днища в районі кріплення кіля повинна зростати поступово, що досягається, за необхідності, застосуванням фасок, як зазначено в **4.3.3**.

.3 Елементи кріплення до корпусу з дерева

На суднах з корпусом із дерева баластовий кіль, зазвичай, кріпиться болтами на флорах через просвердлені в них отвори за умови дотримання вимог **6.8.6.2.3**. Висота флора може бути додана до товщини обшивки днища щодо розмірів елементів згідно з **3.5.5**.

Необхідно уникати потрапляння води усередину флорів через отвори. Досить низьке руйнівне зусилля 0,0014ρ (Н/мм^2) для матеріалу дерева зазвичай означає, що необхідно використовувати опорні пластини великої площі. Граничне руйнівне зусилля може бути збільшено шляхом посилення флорів армуванням склопластиком.

Заливка отвору з болтом епоксидним компаундом дозволяє навантаження, що сприймається болтом (як вгору, так і вниз), додатково передавати через зсув епоксидного компаунду - спочатку від болта на епоксидну смолу, а потім на деревину при отворі. При застосуванні цього методу розміри опорної пластини, які визначаються вище, можуть призначатися згідно з табл. 3.5.5.5.2, при використанні значень напружень згідно з Н.3 **Додатку Н** цієї частини Правил.

Може застосовуватися проміжний або альтернативний метод, рекомендований для металевої конструкції: дерев'яні вставки квадратного або прямокутного перерізу з просвердленими отворами під болти, що з'єднуються з флорами або перегородками на клею та/або приформовуванням, як показано на рис. 3.5.5.5.3-2, в). Методи з'єднання деталей з АВ-пластику також можуть застосовуватися, якщо використовується приформування.

На дерев'яних суднах приклеювання шпангоутів часто буває достатнім для передачі навантаження від болтів до корпусу, але інші засоби передачі навантаження (приформовування, металеві башмаки або П-подібні накриття) також можуть використовуватися.

.4 Кріплення баластового кіля до плавникового кіля

Плавниковий кіль є частиною обшивки днища та виготовляється разом із нею. Така конструкція часто застосовується для корпусів з три- та одношаровою обшивкою із АВ-пластику та з металевою обшивкою.

Для надійного з'єднання баластового кіля з плавниковим, як зварюванням, так і болтами, необхідно встановлювати підкріплюючі флори і, при необхідності, поздовжні балки. Балки часто необхідні, щоб уникнути «гострих кутів» (див. **5.5.3.5**) і рознести навантаження на флори при деяких випадках навантаження (при вертикальному тиску, крені або торкання грунту). Втрати стійкості обшивки кіля також необхідно уникати. На рис. 8.8.4.4 показана рекомендована конструкція приєднання до плавникового кіля.

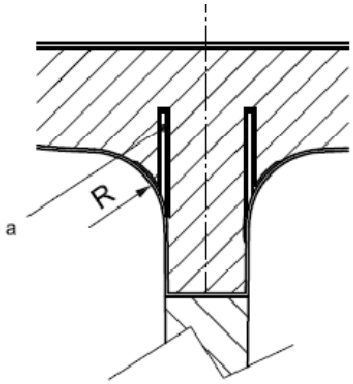


Рис. 8.8.4.4. З'єднання баластового та плавникового кілей

Якщо радіус *R* занадто малий, а шпація (відстань між флорами) велика, вертикальні сили від обшивки кіля повинні передаватися на стінки флорів через поздовжні балки, що вбудовуються в обшивку днища і плавникового кіля, що формується (див. поз «а» на рис. 8.8.4.4).

8.8.5 Затягування болтів та попередній натяг

8.8.5.1 Загальні положення

Гайки повинні бути затягнуті для забезпечення попереднього натягу болтів, що передбачає три основні цілі:

а) запобігання втомним явищам: кільові болти, як і будь-який інший матеріал, можуть бути піддані втомним навантаженням. Болт повинен бути затягнутий до зусилля, що перевищує зусилля, які виникають від кіля під час експлуатації судна. У такому разі болти не будуть відчувати жодних коливань напружень і, відповідно, ніякого втомного навантаження;

б) запобігання утворенню під навантаженням зазорів між різними елементами (кіль, з’єднувальний компаунд, опорна пластина усередині корпусу тощо);

в) запобігання розкручування гайок.

Гайку, однак, не слід занадто сильно затягувати, щоб уникнути надмірних напружень в днищі корпусу або в елементах конструкції кіля.

Шайби між головкою болта або гайкою та опорною пластиною необхідні для зменшення тертя при затягуванні. При відкручуванні гайки під час ремонту та обслуговування судна рекомендується заміна шайби. Заміна самої гайки дозволяє зменшити попередній натяг порівняно з гайкою, яка повторно використовується. Для металевих болтів (за винятком сталевих) рекомендується використовувати шайби та опорну пластину з того ж металу (наприклад, для нікель-алюмінієвих болтів), див. також табл. 3.5.5.5.2.

Попередній натяг, зазвичай, досягається шляхом затягування болтів динамометричним ключем, як вказано в **8.8.5.5**. Але цей метод має певні недоліки.

Можливе використання інших пристроїв та способів - гідравлічний попередній натяг, вимірювальний гвинт із мікрометром (див. **8.8.5.4**), ультразвукове обладнання тощо. Вони вважаються більш ефективними, оскільки дозволяють уникнути для болтів, у момент затягування, зайвого навантаження на зсув. Ці пристрої дозволяють точніше визначати рівень попереднього натягу, який непросто задати крутним моментом (див. **8.8.5.3**).

8.8.5.2 Зусилля попереднього натягу

Визначення сили попереднього натягу залежить від декількох параметрів, таких як навантаження при експлуатації, матеріал гвинта і гайки, коефіцієнт тертя, змащування і відповідна пружність болтів та всіх стиснутих елементів.

8.8.5.3 Затягування за допомогою динамометричного ключа

Тертя в різьбі і під головкою болта або під гайкою часто становить до 90% зусиль від моменту затягування, залишаючи тільки 10% від моменту затягування, для створення попереднього натягу. При визначенні двох відповідних коефіцієнтів тертя (в різьбі і під головкою) є багато невизначеностей. Ось чому рекомендований момент затягування зазвичай задається з багатьма попередженнями та вимогами випробувань, які рекомендується проводити.

У табл. 8.8.5.3 наведено орієнтовні значення, які можна використовувати лише як рекомендації, враховуючи всі наведені вище фактори невизначеності та, особливо, умови побудови судна.

Точнішу інформацію користувач повинен запитувати у виробника болтів. Для простоти у табл. 8.8.5.3 використовується метод k_{nut}:

Формула $T_O = k_{nut} \cdot F_{Pr} \cdot d$, дає значення для крутного моменту T_O в Нм залежно від сили попереднього натягу F_{Pr} у кН та діаметра болта d у міліметрах.

Вимоги табл. 8.8.5.3 не поширюються на матеріал болтів за межами діапазону сил і в цьому випадку наведена вище формула повинна використовуватися для знаходження зусилля попереднього натягу при 70% границі плинності та відповідному крутному моменту.

Значення, наведені у табл. 8.8.5.3, відповідають болтам попередньо напруженим до 70% границі плинності, з шайбою між гайкою та опорною пластиною та із значеннями k_{nut}, відповідно, 0,22 і 0,15 для незмащених та змащених олією болтів. Ці значення ґрунтуються на результатах дослідних випробувань кріплення на зразках обшивки із склопластику. Для крутного моменту при варіанті без шайби k_{nut} збільшиться приблизно на 40%: до 0,31 для незмащених і до 0,21 для змащених болтів.

Для металевих корпусів суден значення k_{nut} у варіанті з шайбою вивчено досить добре і повинне становити відповідно 0,20 для незмащених та 0,12 для змащених болтів.

У підпункті **8.8.5.1 а)** звертається увага на той факт, що попередній натяг повинен бути більшим, ніж напруження, які виникають при експлуатації судна. Для запобігання втомленості, напруження від попереднього натягу повинно бути не меншим від цих значень. 70% границі плинності, які використані у табл. 8.8.5.3, також забезпечують запобігання явищам утворення зазорів, зазначених у **8.8.5.1 б)**, та розкручування гайок згідно з **8.8.5.1 в).** Типове зусилля затягування рекомендується від 70% до 90% границі плинності σ_y.

В табл. 8.8.5.3 наведено значення зусиль попереднього натягу F_{Pr} у кН та момент затягування T_O в Нм для болтів діаметром d у міліметрах.

Крім методу k_{nut}, наведеного вище, допускається використовувати спрощений спосіб з коефіцієнтами тертя у гвинті та під гайкою, які підставляються у формулу:

$$T_O = F_{Pr} \cdot (0159 \cdot p + \beta \cdot d)/1000.$$

У цій формулі ці два коефіцієнти тертя поєднуються у проміжне значення β. Щоб отримати результати, аналогічні значенням табл. 8.8.5.3, значення βповинно становити, відповідно, 0,20 та 0,13 для незмащених та змащених болтів із встановленою шайбою.

Таблиця 8.8.5.3 **Значення зусилля попереднього напруження F_{Pr} та моменту затягування T_O для кріплення із встановленою шайбою**

Номінальний діаметр по ISO в мм, нормальний крок																
Кріплення ISO M			**M 10**		**M 12**		**M 16**		**M 20**		**M 24**		**M 30**		**M 36**	
d		мм	10		12		16		20		24		30		36	
P, крок		мм	1,5		1,75		2,0		2,5		3,0		3,5		4,0	
d_{neck}		мм	8,2		9,9		13,5		16,9		20,3		25,7		31,1	
$S_{внутр}$		мм^2	52,3		76,2		144,1		225,2		324,3		519,0		759,3	
σ/σ_y		-	**0,70**		**0,70**		**0,70**		**0,70**		**0,70**		**0,70**		**0,70**	
Болти із нержавіючої сталі																
Метод з коефіцієнтом k_{nut}			F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O
σ_y кріплення	**Стан**	k_{nut}	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм
210	Не змащ	0.22	7,7	16,9	11,2	29,6	21,2	75	33,1	146	48	252	76	504	112	884
210	Змащ	0.15	7,7	11,5	11,2	20,2	21,2	51	33,1	99	48	172	76	343	112	603
450	Не змащ	0.22	16,5	36,2	24,0	63,4	45,4	160	70,9	312	102	539	163	1079	239	1894
450	Змащ	0.15	16,5	24,7	24,0	43,2	45,4	109	70,9	213	102	368	163	736	239	1292
600	Не змащ	0.22	22,0	48,3	32,0	84,5	60,5	213	94,6	416	136	719	218	1439	319	2526
600	Змащ	0.15	22,0	32,9	32,0	57,6	60,5	145	94,6	284	136	490	218	981	319	1722
Болти із сталі, близькій за механічними властивостями до нержавіючої сталі																
Метод з коефіцієнтом k_{nut}			F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O	F_{Pr}	T_O
σ_y кріплення	**Стан**	k_{nut}	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм	кН	Нм
400	Не змащ	0.22	14,6	32,2	21,3	56,4	40,4	142	63	277	91	479	145	959	213	1684
400	Змащ	0.15	14,6	22,0	21,3	38,4	40,4	97	63	189	91	327	145	654	312	1148
640	Не змащ	0.22	23,4	51,5	34,2	90,2	64,6	227	101	444	145	767	233	1535	340	2694
640	Змащ	0.15	23,4	35,1	34,2	61,5	64,6	155	101	303	145	523	233	1046	340	1837
900	Не змащ	0.22	32,9	72,5	48,0	126,8	90,8	320	142	624	204	1079	327	2158	478	3789
900	Змащ	0.15	32,9	49,4	48,0	86,5	90,8	218	142	426	204	735	327	1471	478	2583
1080	Не змащ	0.22	39,5	87,0	57,6	152,2	109	384	170	749	245	1294	392	2590	574	4546
1080	Змащ	0.15	39,5	59,3	57,6	103,8	109	261	170	511	245	883	392	1766	574	3100

8.8.5.4 Затягування під час перевірки подовження

Найбільш точно подовження болта перевіряється мікрометром, індикатором годинного типу або методом повороту гайки. Для застосування цих методів, однак, повинні бути відомі значення: довжина нерозтягнутого болта L і модуль пружності матеріалу обшивки навколо болта, яка стискається навантаженням (наприклад, днища з АВ-пластика). Нехтуючи цими міркуваннями, грубе спрощення дає рівність:

$$\delta \cdot L / L = \sigma_{pr} / E.$$

ПРИКЛАД: При затягуванні болта М 20 SS А4 80 необхідне попереднє натягування:

$\sigma_{pr} = 0{,}7 \times 600 = 420$Н/мм^2.

Якщо довжина нерозтягнутого болта $4d = 80$мм, $\delta L / L = \sigma_{pr} / E = 420/210\,000 = 0{,}2\%$ і подовження становить $\delta \cdot L = 0{,}002 \cdot L = 80 \cdot 0{,}002 = 0{,}16$мм, що не так легко виміряти.

Поворот гайки з нормальним кроком різьблення 2,5мм складає:

$0{,}16/2{,}5 = 0{,}064$ обороту $= 23^{\circ}$, що також важко точно виміряти.

Методи "перевіркою подовження" і "поворотом гайки" більш застосовні до довгих болтів, ніж до коротких.

8.8.5.5 Рекомендації щодо встановлення кільових болтів та їх затягування

Перед встановленням необхідно переконатися, що гайка може вільно, без задир закручуватися по різьбленні.

При встановленні болтів необхідно забезпечити правильне сполучення кіля та корпусу. Як правило, це досягається використанням прокладок з матеріалів ущільнювачів або компаунду (докладніше див. **3.5.5.4.7**).

Затягування рекомендується виконувати у два етапи:

а) спочатку затягують гайку до "щільної посадки", тобто. використовуючи повне зусилля людини із ключем відповідного розміру;

б) якщо попередній натяг від крутного моменту повинен бути більшим, ніж просто щільна посадка (що вимірюється динамо-метричним ключем), затягування доводять до необхідного значення динамо-метричним ключем.

При повторному встановленні необхідно дотримуватись тієї ж процедури із заміною шайб та зношених гайок.

Можливо, знадобиться прогін різьблення болта за допомогою плашки або іншого інструменту для роботи при великих зусиллях.

Шайба повинна встановлюватися на опорну пластину згідно з рекомендаціями, наведеними в табл. 3.5.5.5.2.

Гайки повинні бути застопорені шайбою, контргайкою, клейовим компаундом, шплінтом, гелькоутом або ламінатом. Ці методи можуть збільшити коефіцієнт тертя гайки k_{nut} без мастила з 0,22 до $0{,}25 \div 0{,}3$ та знизити момент затягування для забезпечення необхідного натягу.

8.9 КРОНШТЕЙНИ ГРЕБНИХ ВАЛІВ

8.9.1 Область поширення

Цей підрозділ поширюється на всі типи суден, що розглядаються у цій частині Правил.

8.9.2 Типи кронштейнів та їх конструкція

8.9.2.1 Кронштейни гребних валів можуть виконуватися одно - або дволапими.

8.9.2.2 Кронштейни повинні виготовлятися із сталі. Конструкція кронштейнів може бути відлитої або зварної конструкції. Зварні кронштейни гребного валу повинні бути еквівалентними за міцністю з відлитими. Лапи кронштейнів гребного валу невеликих суден можуть виготовлятися із труб.

8.9.2.3 Лапи дволапого кронштейна повинні встановлюватись під кутом між собою, відмінним від кута між лопатями гребного гвинта. При гребному гвинті з трьома або п'ятьма лопатями рекомендується кут 90°. Для гребних гвинтів із чотирма лопатями кут повинен становити 70° або 110°. Осі лап повинні, по можливості, перетинатися на осі валу гребного гвинта.

8.9.2.4 Розміри лап і маточини визначаються в залежності від діаметра гребного валу $d_В$ і повинні бути рівними або перевищувати величини, зазначені в табл. 8.9.2.4.

Таблиця 8.9.2.4 **Розміри елементів кронштейна гребного валу**

Найменування розмірів	**Дволапий кронштейн**		**Однолапий кронштейн**
	під кутом 70° або 110°	**Під кутом 90°**	
Товщина лапи, мм	$0{,}45d_В$	$0{,}55d_В$	$0{,}75d_В$
Площа поперечного перерізу лапи, мм	$0{,}5d_В^2$	$1{,}1d_В^2$	$1{,}5d_В^2$
Довжина маточини, мм	$3{,}0d_В$	$3{,}0d_В$	$3{,}0d_В$
Товщина стінки маточини, мм	$0{,}35d_В$	$0{,}35d_В$	$0{,}4d_В$

8.9.2.5 Якщо кронштейн гребного валу має одну лапу, то при попередніх розрахунках слід також перевірити, щоб мінімальний момент опору кронштейна, що обчислюється відповідно до розмірів, що призначаються за табл. 8.9.2.4 повинен дорівнювати щонайменше дворазовому екваторіальному моменту опору гребного валу. У місці приєднання до корпусу судна поперечний переріз лапи повинен бути збільшений так, щоб момент опору поперечного перерізу втричі перевищував мінімальний.

8.9.2.6 Товщину стінки маточини дволапих кронштейнів допускається зменшувати до $0{,}25d_В$.

8.9.2.7 Товщина зовнішньої обшивки в районі кріплення лап кронштейнів повинна бути збільшена на 25% порівняно із товщиною зовнішньої обшивки в кінцевій частині судна.

8.9.3 Кріплення кронштейнів гребного валу

8.9.3.1 Кріплення кронштейнів гребного валу до сталевого корпусу

.1 Кріплення кронштейнів гребного валу до сталевого корпусу здійснюється за допомогою зварювання (див. рис. 8.9.3.1).

.2 Маточина кронштейна валу і лапи повинні бути з'єднані між собою або із зовнішньою обшивкою згідно з рис. 8.9.3.1 а), якщо вони не відлиті разом або не мають литих зварних полиць.

.3 Лапи повинні пропускатися через зовнішню обшивку та кріпитися до флор і іншого набору. При необхідності слід встановлювати підкріплення у корпусі у вигляді додаткових ребер жорсткості. Площа поперечного перерізу зварного з'єднання повинна щонайменше в 2 рази перевищувати площу поперечного перерізу лап.

.4 Якщо кронштейн валу має одну лапу, не допускається приварювання обшивки до тіла кронштейна в місці закріплення кронштейна. Такі кронштейни повинні бути забезпечені литими або відкованими полицями, як показано на рис. 8.9.3.1 б).

.5 Для однолапих кронштейнів повинен проводитися розрахунок вібрації. У такій конструкції велика увага повинна приділятися втомленій міцності. Приварювання лап до зовнішньої обшивки повинне проводитися ретельно і без утворення концентрації напружень.

.6 На додаток до вимог **8.9.2.7** у районі проходу лап кронштейна через зовнішню обшивку повинен встановлюватися вварний лист розмірами (позначення див. рис. 8.9.3.1):

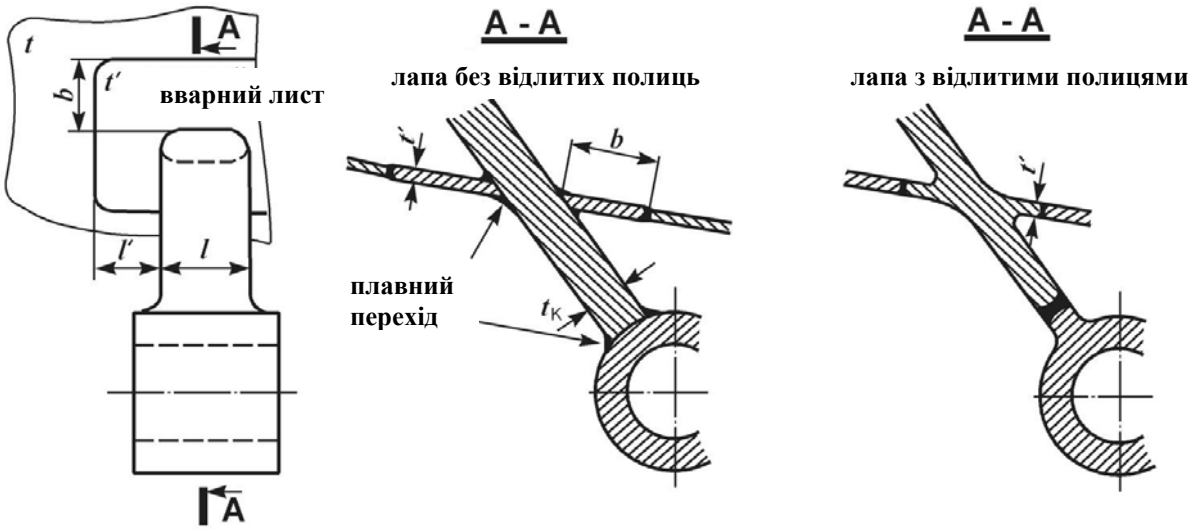
• товщина t', мм -

$t' = t_К/3 + 5$, при $t_К < 50$мм, або $t' = 3\sqrt{t_К}$ при $t_К \geq 50$мм;

• на півширина вварного листа b повинна бути не менше 200мм, але не більше шпації;

• напівдовжина вварного листа повинна бути $l' = l/2$, але не менше 300мм,

де: $t_К$ - товщина лапи кронштейна гребного валу; l – ширина лапи кронштейна гребного валу.



Позначення:

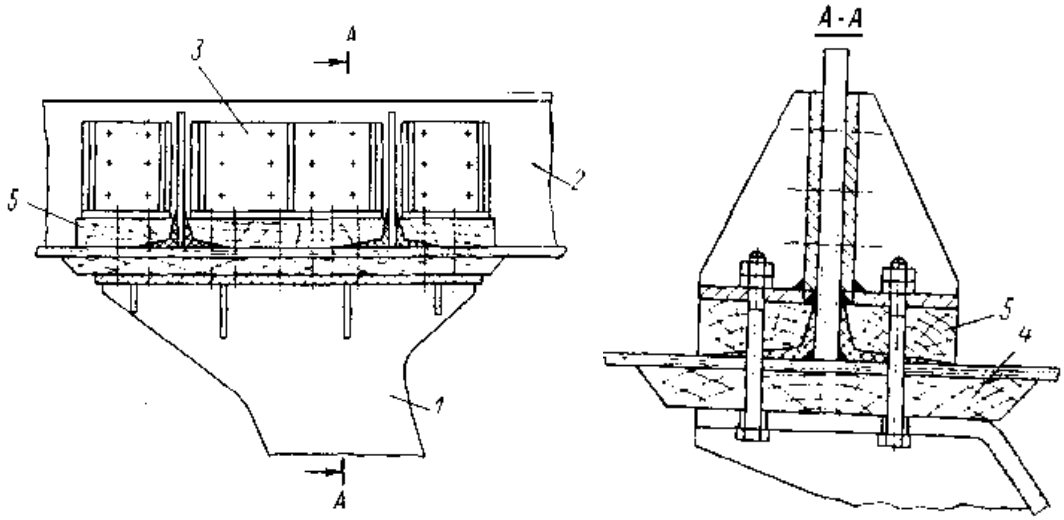
t – товщина зовнішньої обшивки (посиленої); t' - товщина вварного листа;
t_K – товщина лапи кронштейна; b – на півширина вварного листа;
l' – напівдовжина вварного листа; l – ширина лапи кронштейна

Рис. 8.9.3.1. Вварний лист та кріплення кронштейнагребного валу.

8.9.3.2 Кріплення кронштейнів до корпусу із АВ-пластику

.1 Кронштейни гребних валів кріпляться до корпусу з АВ-пластика на болтах через фланці. Усередині корпусу в районі кріплення зовнішня обшивка повинна мати посилення армуванням із ровінгової тканини. Товщина посилення повинна дорівнювати подвійній товщині зовнішньої обшивки, протяжність зони посилення - не менше 3 шпацій. Товщина обшивки повинна зростати поступово, зміна маси армуючих волокон у ламінаті повинна відбуватися не більше ніж 0,6кг/м^2 на 25мм довжини переходу.

Набір у цій зоні повинен бути підкріплений накладками, як показано на рис. 8.9.3.2.1.



Позначення:

1-кронштейн; 2-стрінгер; 3-накладки; 4-подушка; 5-прокладки.

Рис. 8.9.3.2.1. Кріплення кронштейна гребного валу до корпусу суден з АВ-пластику або дерева.

.2 Якщо встановлюються подушки з деревини, що вирівнюють, вони повинні виготовлятися з твердих порід дерева і повинні бути обклеєні мультиаксіальною тканиною або 3 шарами склосітки по всій поверхні.

Під головки болтів необхідно підмотувати льоноволокно, просочене білилами, або заповнювати отвори епоксидним компаундом для забезпечення непроникності зовнішньої обшивки.

.3 На невеликих суднах допускається кріплення кронштейнів до обшивки, що не підкріплена набором, як показано на рис. 8.9.3.2.3 і дозволяється застосування профілю з труби для лапи кронштейна гребного валу. При цьому лапа з труби повинна бути рівноміцною лапі суцільного перерізу (мати той самий момент опору поперечного перерізу).

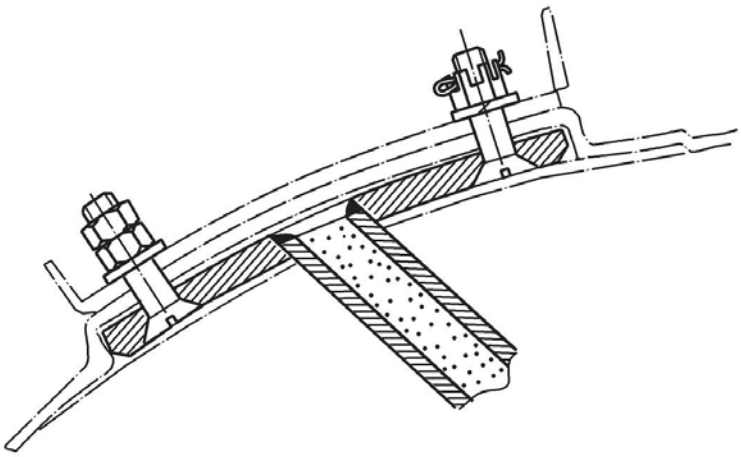


Рис. 8.9.3.2.3. Кріплення трубчастого кронштейна гребного валу до корпусу з АВ-пластику

.4 Якщо зовнішня обшивка має тришарову конструкцію, в районі кріплень кронштейнів та дейдвудної труби необхідно виконати перехід на одношаровий ламінат згідно**5.5.2.3**.

Протяжність району одношарового ламінату повинна становити:

• по довжині - не менше ніж 3 шпації,

• по ширині - 0,2T_C в кожну сторону від місця кріплення кронштейна, де T_C– максимальна осадка судна.

.5 Допускається конструкція кріплення кронштейнів за типом кріплення баластових кілів, як показано на рис. 3.5.4.2.7, 3.5.5.4.2, 3.5.5.5.3-1 та 3.5.5.5.3-2 а).

.6 Для кріплення кронштейнів застосовуються вимоги щодо затягування болтів та їх попереднього натягу згідно з **8.8.5.**

8.9.3.3 Кріплення кронштейнів гребних валів до дерев'яного корпусу

.1 Усередині корпусу в районі кріплення кронштейна необхідно встановлювати сталевий набір або металеві накладки, як показано на рис. 8.9.3.2.1.

.2 Кріплення повинно здійснюватися з урахуванням вимог **8.9.3.2.2**. До кріплення застосовуються також вимоги **2.5** частини XII «Матеріали» та **6.7.5** і **8.8.5** цієї частини Правил.

.3 Допускається конструкція кріплення кронштейнів за типом кріплення баластових кілів відповідно до **8.8.4.1.3**.

8.9.3.4 Кріплення кронштейнів до корпусу з армоцементу

.1 Корпус судна у районі розташування кронштейнів повинен мати посилення у вигляді потовщення.

.2 Кріплення кронштейнів необхідно проводити за допомогою приварювання до закладних деталей.

.3 При кріпленні кронштейнів за допомогою наскрізних болтів необхідно дотримуватись вимог **7.4.2**, **8.8.5** та **8.9.3.2.2.**

8.10 ПУТЕНСИ

Путенси повинні бути, як правило, пропущені через палубу і надійно прикріплені до перегородок, набору або книць. У районі путенсів повинне бути забезпечене суттєве підкріплення конструкції палуби у вигляді перегородок чи рамних шпангоутів.

Допускається кріплення путенсів до обшивки металевого корпусу із встановленням накладного листа на обшивку борту та на настил палуби, як показано на рис. 8.10.

При застосуванні путенсів, виготовлених з алюмінієвого сплаву, в отвори для болтів повинні бути вставлені втулки з нержавіючої сталі і путенси повинні мати захисне покриття для запобігання контактній корозії.

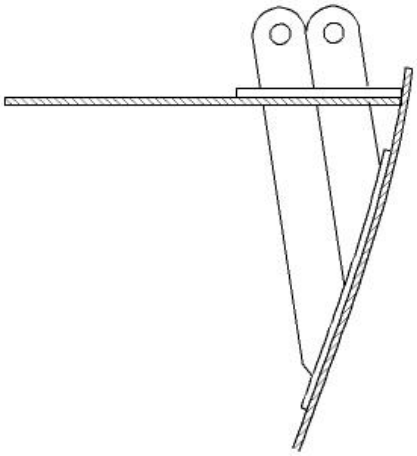


Рис. 8.10 Кріплення путенсів до металевого борту

8.11 КРІПЛЕННЯ БОЛТАМИ ТА ШУРУПАМИ (САМОРІЗАМИ)

8.11.1 Невідповідальні кріплення невеликих виробів до внутрішніх елементів корпусу або до набору допускається виконувати болтами/гвинтами або шурупами. Розміри, тип, розташування кріплення повинні бути схвалені Регістром.

Наведені нижче вимоги поширюються також на кріплення фундаментів до неметалевого корпусу (див. **8.5.2 ÷ 8.5.3**), баластових кілів (див. **8.8**), кронштейнів гребних валів (див. **8.9**), путенсів (див. **8.10**).

8.11.2 Болти/гвинти повинні бути із стійкого до корозії матеріалу. Елементи металевого корпусу у місцях контакту з болтами повинні мати захисне покриття.

8.11.3 Шайби або опорні пластини повинні бути встановлені під усіма головками болтів/гвинтів та гайками.

8.11.4 Шайби, опорні пластини та гайки повинні бути виготовлені із сумісних з болтами/гвинтами матеріалів, щоб уникнути контактної корозії. У разі несумісності вони повинні мати захисне покриття.

8.11.5 На суднах з корпусом із дерева шурупи повинні бути вкручені в шпангоут, бімс і подібні елементи корпусу на глибину, не меншу, ніж товщина обшивки.

9 РОЗРАХУНКИ ЗАГАЛЬНОЇ ТА МІСЦЕВОЇ МІЦНОСТІ

9.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

9.1.1 У цьому розділі Правил розміри елементів корпусу суден повинні призначатися, як правило, на підставі забезпечення місцевої міцності, яка здійснюється виконанням вимог розділів **2** та **3** цієї частини Правил. У випадках, передбачених у **1.3.3** ÷ **1.3.4**, необхідно виконати розрахунки згідно з вимогами цього розділу. Необхідність виконання розрахунків загальної міцності в інших випадках, наприклад, зменшення деяких розмірів, встановлюється проектантом в залежності від архітектурних і конструктивних особливостей судна з урахуванням вимог цього розділу.

9.1.2 Для водотоннажних суден, як правило, розрахунки загальної міцності (у розумінні визначення напружень і переміщень в елементах корпусу та редукування пластин) виконувати не потрібно. Достатньою є перевірка площі і моменту опору поперечних перерізів корпусу у визначених місцях стосовно до формул згинального моменту та перерізуючи сил, які наведеніу цьому розділі Правил.

9.1.3 Розрахункові випадки навантаження для виконання розрахунків загальної та місцевої міцності приймаються згідно з **9.2.2** та відповідно до розділу **2** цієї частини Правил.

9.1.4 Отримані в результаті розрахунків напруження повинні бути віднесені або до загальних, або до місцевих. При цьому передбачається, що загальні напруження захоплюють значну частину об'єму або площі перерізу конструкції корпусу і, у разі перевищення небезпечних значень, викликають неприпустиму її деформацію або руйнування.

До місцевих відносять напруження, які захоплюють лише незначну частину об'єму або площі перерізу конструкції корпусу, і, у разі перевищення небезпечних значень, що викликають лише місцеві деформації, які не супроводжуються руйнуванням або неприпустимими загальними деформаціями.

9.2 ЗАГАЛЬНА МІЦНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ КОРПУСІВ СУДЕН

9.2.1 Загальні вимоги

9.2.1.1 Момент опору перерізу корпусу визначається для найбільш віддалених від нейтральної осі в'язей палуби і днища, що беруть участь у загальному вигині.

9.2.1.2 Розрахунок виконується для тих перерізів корпусу, у яких можливі найбільші сумарні напруження, наприклад, в найслабшому перерізі середньої частини судна, в місцях закінчення основних поздовжніх в'язей.

9.2.1.3 У розрахунку моменту опору перерізу корпусу враховуються всі безперервні поздовжні в'язі корпусу, які знаходяться в розглянутому перерізі і йдуть безупинно, з довжиною, більшою ніж подвоєна висота борту, за умови, що з'єднання цих в'язей з корпусом забезпечує їх участь у загальному вигині.

9.2.1.4 Якщо ширина вирізу b_0 в палубі не перевищує 0,05 ширини безперервної ділянки палуби в даному місці, то такий виріз, при обчисленні моменту опору поперечного перерізу корпусу судна, не враховується. Якщо ширина вирізу b_0 дорівнює або більше 0,05 ширини безперервної ділянки палуби в даному місці, до розрахунку еквівалентного бруса включаються тільки ті в'язі, які знаходяться поза вирізом по ширині палуби.

У розрахунок моменту опору поперечного перерізу корпусу не включаються полегшуючі вирізи, отвори для протока води (голубники) і поодинокі вирізи в поздовжніх елементах набору, якщо їх висота не перевищує 25% висоти стінки.

9.2.1.5 Одноярусні надбудови (рубки) або надбудови першого ярусу слід включати в розрахунок еквівалентного бруса тільки в тому випадку, якщо вони опираються не менше ніж на 3 поперечні перегородки.

На кінцевих ділянках поздовжніх стінок надбудов (рубок), що беруть участь у загальному вигині, не повинно бути часто розташованих вирізів ілюмінаторів та інших вирізів шириною, більшою ніж відстані між вирізами.

9.2.1.6 В еквівалентний брус не включаються привальні бруси та скулові кілі.

9.2.1.7 Обчислювати елементи еквівалентного брусу і нормальні напруження в ньому необхідно, у разі потреби, методом послідовних наближень з відповідним редукуванням гнучких в'язей - пластин обшивки, палуби, бортів і поздовжніх перегородок.

За остаточне наближення слід приймати таке, при якому різниця нормальних напружень від загального вигину при підйомі судна краном у кінцевому та попередньому наближеннях не перевищує 5% для кожної з крайніх в'язей еквівалентного брусу.

9.2.1.8 Редукування балок поздовжнього набору не допускається. Їх запас стійкості вважається забезпеченим, якщо діючі напруження не перевищують критичні напруження втрати стійкості.

9.2.1.9 Редукуванню не підлягають:

• частини пластин, які прилягають до поздовжніх в'язей шириною, яка дорівнює 0,25 короткої сторони опорного контуру з кожної сторони в'язі, але не більше 25 товщин пластини;

• скуловий лист на протязіскулового заокруглення;

• пластини розтягнутої зони еквівалентного брусу при поздовжній системі набору.

9.2.1.10 Редукційні коефіцієнти при поздовжній системі набору необхідно визначати за формулою:

$$\varphi = \frac{78,5_i}{|\sigma_C|}\left(\frac{100 \cdot t}{b}\right)^2 \qquad (9.2.1.10)$$

де: $|\sigma_C|$ - абсолютне значення стискаючого напруження у жорстких зв'язках, Н/мм^2, на рівні центра ваги пластини, яке отримано при розрахунку еквівалентного брусу у відповідному наближенні;

t – товщина пластини, см;

b - довжина меншої сторони пластини, см.

Значення редукційного коефіцієнта не повинен перевищувати 1.

9.2.1.11 Редукційні коефіцієнти пластин при поперечній системі набору призначаються за табл. 9.2.1.11.

Таблиця 9.2.1.11 **Редукційні коефіцієнти пластин при поперечній системі набору**

Вид деформації	**Тип пластин**	**Значення φ при товщині пластин, мм**		
		≤ 4	**6**	**≥ 8**
Розтягнення	Що безпосередньо сприймають поперечне навантаження	0,19	0,34	0,46
	Що безпосередньо не сприймають поперечне навантаження	0,03	0,09	0,23
Стиснення	Що безпосередньо сприймають і не сприймають поперечне навантаження	0,03	0,07	0,07

9.2.1.12 При загальному вигині корпусу судна повинні бути визначені напруження, Н/мм^2, у його в'язях:

нормальні: $$\sigma_i = \frac{10 M_p z_i}{I} \; ; \qquad (9.2.1.12\text{-}1)$$

дотичні, на рівні нейтральної осі еквівалентного брусу:

$$\tau = 0,1 \frac{10 F_p Q}{I \sum t} \qquad (9.2.1.12\text{-}2)$$

де: M_p - найбільший розрахунковий згинаючий момент у поперечному перерізі, кНм;

I - момент інерції поперечного перерізу еквівалентного брусу відносно нейтральної осі, см^2·м^2;

z_i - відстань і-ї в'язі від нейтральної осі еквівалентного брусу (зі знаком «+»- вище нейтральної осі та зі знаком «-» - нижче нейтральної осі), м;

F_p - найбільша розрахункова перерізуючи сила у поперечному перерізі, кН;

Q - статичний момент частини поперечного перерізу еквівалентного брусу, яка лежить вище або нижче нейтральної осі і взятої відносно до цієї осі, см^2·м;

$\sum t$ - сума товщин обшивки бортів і поздовжніх перегородок на рівні нейтральної осі еквівалентного брусу, см.

9.2.2 Особливі випадки забезпечення загальної міцності

9.2.2.1 При підійманні судна краном на двох стропах або при встановленні його на дві опори, розрахункові навантаження, що викликають загальний вигин корпусу, необхідно визначати тільки для випадків, передбачених проектом.

9.2.2.2 Для суден, яких підіймають на борт судна-бази в процесі експлуатації, розрахунки повинні бути виконані для випадку з повною водотоннажністю.

9.2.2.3 Координати точок кріплення обухів для підіймання судна повинні вибиратися таким чином, щоб згинальний момент був мінімальним.

9.2.2.4 Як навантаження, для перевірки загальної міцності корпусу, приймаються згинальні моменти і перерізуючи сили, які діють на корпус при спусканні (підійманні) судна у стані в повному навантаженні, коли судно підвішене за два гаки.

У цьому випадку згинальний момент, Нм, визначається за формулою:

$$M = 1,25 \cdot m \cdot l_{\Gamma}, \qquad (9.2.2.4\text{-}1)$$

де: l_{Γ} – довжина між гаками (обухами), м.

Максимальна перерізуюча сила, Н, визначається за формулою:

$$F = 5 \cdot m, \qquad (9.2.2.4\text{-}2)$$

де: m – маса судна у повному навантаженні з 50%-ним перевантаженням, кг.

9.2.3 Оцінка загальної міцності корпусу суден

9.2.3.1 Загальні вимоги

.1 Процедура розрахунку, яка наведена нижче, не призначена для використання як повного розрахунку поздовжніх зусиль, а служить для визначення розмірів в'язей судна у разі, коли забезпечення місцевої міцності згідно з **9.1.1** недостатня для проектування надійної та безпечної конструкції корпусу судна. Для будь-якого судна, яке не відповідає критеріям, викладеним нижче, вимагається більш ретельний розрахунок загальної міцності відповідно до методів, прийнятих у будівельній механіці корабля.

.2 Розрахунок загальної міцності корпусу суден ґрунтується на визначенні загального вигину, поздовжні зусилля від якого слід розраховувати для наступних типів суден:

• моторних суден з поперечною системою набору для якого у водотоннажному стані при повному навантаженні виконується умова:

$\upsilon / \sqrt{L_{\mathrm{WL}}} > 6$;

• вітрильних суден з поперечною системою набору, щозазнає великих поздовжніх навантажень;

• суден з великими вирізами на палубіабо коли відношення найбільшої довжини судна до висоти борту становить:

$L_{\mathrm{H}}/D > 12$.

9.2.3.2 Максимальний згинальний момент

Максимальний вертикальний згинальний момент у корпусі M_{V} визначається за формулою, Нм:

$$M_{\mathrm{V}} = k_{\mathrm{Glob}} \times m_{\mathrm{LDC}} \times L_{\mathrm{H}} \qquad (9.2.3.2)$$

де: коефіцієнт k_{Glob} має такі значення:

• для моторних суден, $k_{\mathrm{Glob}} = 0,5 + 0,6 \cdot n_{\mathrm{CG}}$,

• для вітрильних суден, $k_{\mathrm{Glob}} = 2,7$;

і де n_{CG} - фактор динамічного навантаження, який визначається згідно з **2.3.3**.

Опір конструкції згинальному моменту повинен оцінюватися при прогині: при стисненні палуби, яке є найбільш критичним випадком при розрахунку загальної міцності, або при перевірці розтягуючого напруження у днищі або кілі.

9.2.3.3 Стискаюче напруження в палубі

Стискаюче напруження від загального розрахункового моменту σ_{DK} розраховується за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{DK} = M_V \times z_{DK} \times \frac{E_{DK}}{EI_{NA}} \qquad (9.2.3.3)$$

де: z_{DK} - відстань по вертикалі від палуби до нейтральної осі поперечного перерізу корпусу (еквівалентного брусу) на міделі, мм;

E_{DK} – модуль пружності палуби (середній), Н · мм^2;

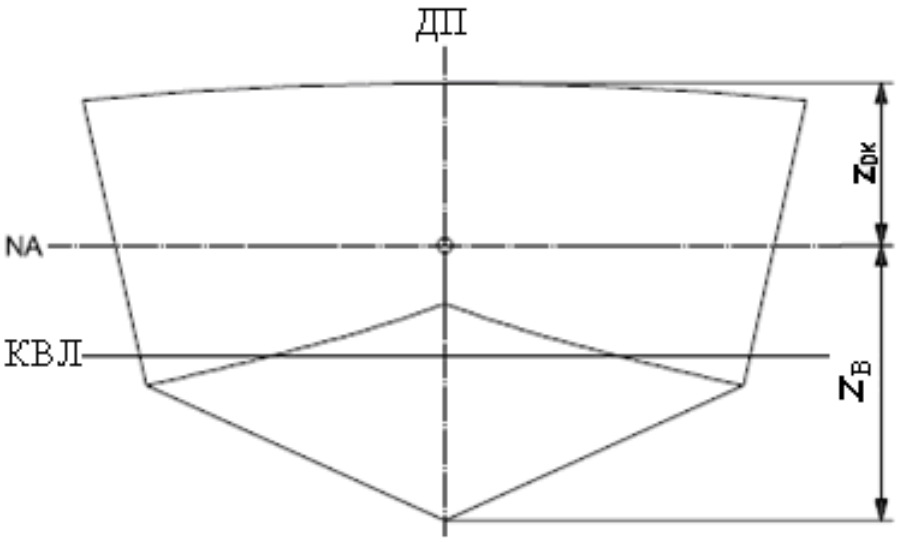
EI_{NA} - жорсткість при згинанні еквівалентного бруса корпусу на міделі, Нмм^2, що не враховує будь-які надбудови на міделі, які мають довжину менше L_H /2.

Напруження σ_{DK} не повинне перевищувати наступних значень:

• $\sigma_{DK} \leq 0{,}7\sigma_{yw}$, де σ_{yw} – границя плинності при розтягуванні для зварних швів, Н/мм2, згідно з частиною XII «Матеріали» цих Правил;

• $\sigma_{DK} \leq 0{,}8\sigma_{crx}$, де σ_{crx} – критичнее напруження втрати стійкості пластини, що визначається згідно з **9.2.3.4**.

На рис. 9.2.3.3 показаний взаємозв'язок між z_{DK} та z_B вертикальною відстанню від нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі до нижньої кромки днища абокіля.



Позначення: NA – нейтральна вісь;

z_{DK} - вертикальна відстань від палуби до нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі;

z_B – вертикальна відстань від нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі до нижньої кромки днища або кіля.

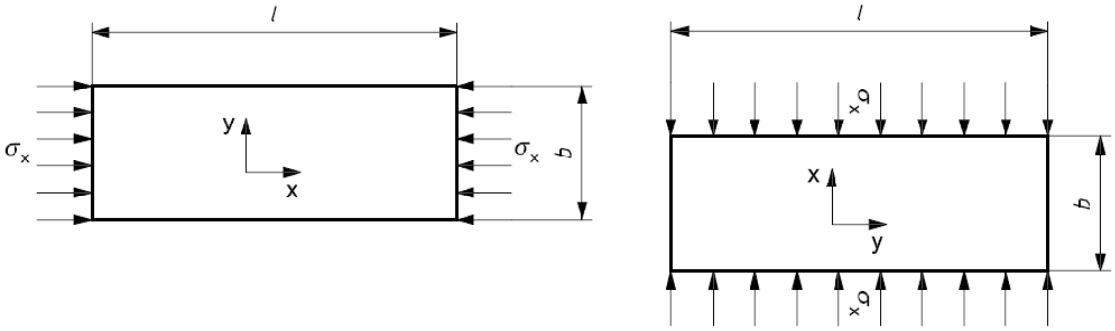
Рис. 9.2.3.3 Поперечний переріз корпусу судна (еквівалентний брус)

9.2.3.4 Напруження в палубі при втраті стійкості

.1 Загальні положення

Напруження пластини при втраті стійкості визначається складним розрахунком як найнижче напруження для усіх форм втрати стійкості (кількості напівхвиль). Тому, крім наведенного нижче методу, можуть використовуватися методи: аналіз кінцевих елементів з використанням оболонки або аналіз жорстких елементів, вільноопертих по кінцях.

Розміри пластин, що використовуються при розрахунку втрати стійкості палуби, схематично показані на рис. 9.2.3.4.1.



а) стиснення вздовж довгої сторони пластини (поздовжня система набору)

б) стиснення вздовж короткої пластини (поперечна система набору)

Позначення: *b* – менша сторона пластини; *l* – більша сторона пластини; σ_X – критичнее напруження втрати стійкості вздовж осі *x*.

Рис. 9.2.3.4.1. Ескіз до розрахунку втрати стійкості пластин палуби

.2 Стійкістьметалевих пластин

.2.1 Спочатку визначаються напруження від пружного вигину σ_{ex}за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{ex} = k_e \times E \times \left(\frac{t}{b}\right)^2, \qquad (9.2.3.4.2\text{-}1)$$

де: k_e - коефіцієнт, щомаєодне з наступнихзначень:

- якщо напруження стиснення параллельно довгій стороні пластини [зазвичай при поздовжній системі набору, див. рис. 9.2.3.4.1 а)]: $k_e = 3{,}6$;

- якщо напруження стиснення параллельно короткій стороні пластини [зазвичай при поперечній системі набору, тобто. бімси без карлінгсів, див. рис. 9.2.3.4.1 б)], при відношенні $b/l \le 1$:

$$k_e = 0{,}9 \times \left[1 + \left(\frac{b}{l}\right)^2\right]^2 \qquad (9.2.3.4.2\text{-}2)$$

Примітка. Всі краї пластини вважаються вільно-опертими, тому в деяких випадках розрахунок може забезпечувати підвищений запас міцності.

.2.2 Для металевих пластин критичнее напруження втрати стійкості вздовж осі *x* (див. рис. 9.2.3.4.1) розраховується одним із наступних способів, Н/мм^2:

Якщо $\sigma_e \le 0{,}5\sigma_{yw}$ то $\sigma_{crx} = \sigma_e$;

Якщо $\sigma_e > 0{,}5\sigma_{yw}$ то $\sigma_{crx} = \sigma_{yw} \cdot [1 - (0{,}25\sigma_{yw}/\sigma_e)]$, (9.2.3.4.2-3)

де: σ_{yw} – границя плинності при розтягуванні для зварних швів, Н/мм^2.

.3 Приклади.

Приклад 1: палуба виготовлена із алюмінієвого сплаву 5083 H111, який має значення E = 70000Н/мм^2 і σ_{yw} = 125Н/мм^2 (згідно ДСТУ EN ISO 12215-5 **Додатку В** або частини XII «Матеріали» цих Правил).

Для палуби товщиною 4мм з розмірами пластин b = 350мм і l = 1000мм (поздовжня шпація 350мм та поперечна – 1000мм):

$\sigma_e = 3{,}6 \cdot 70000 \cdot (4/350)^2 = 32{,}9$Н/мм^2 і так, як це значення менше $0{,}5\sigma_{yw} = 62{,}5$Н/мм^2, то

$\sigma_{crx} = \sigma_e = 32{,}9$Н/мм^2.

Тобто корегування не вимагається.

Напруження в палубі σ_{DK}, згідно формули (9.2.3.3), не повинне перевищувати наступних значень:

$0{,}7\sigma_{yw} = 87{,}5$Н/мм^2, або

$0{,}8\sigma_{crx} = 26{,}3$Н/мм^2.

Приклад 2: той самий настил палуби, як і у прикладі 1, але бімси розташовані через 350мм, карлінгси відсутні, а b = 350мм і l = 1000мм приймаємо умовно.

Згідно формули (9.2.3.4.2-2):

$k_e = 0{,}9 \cdot [1 + (350/3000)^2]^2 = 0{,}92$.

$\sigma_e = 0{,}92 \cdot 70000 \cdot (4/350)^2 = 8{,}5$Н/мм^2 і так, як це значення менше $0{,}5\sigma_{yw} = 62{,}5$Н/мм^2, то

$\sigma_{crx} = \sigma_e = 8{,}5$Н/мм^2.

Напруження в палубі σ_{DK} ,згідно формули (9.2.3.3), не повинне перевищувати наступних значень:

$0{,}7\sigma_{yw} = 87{,}5$Н/мм^2, або

$0{,}8\sigma_{crx} = 6{,}8$Н/мм^2.

Із цього прикладу видно, що настил палуби, який підкріплений лише бімсами, не може сприймати великих навантажень до втрати стійкості, і що поздовжні карлінгси значно збільшують спротив конструкції палуби втратити стійкість від загального прогину корпусу.

9.3 МІСЦЕВА МІЦНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ КОРПУСІВ СУДЕН

9.3.1 Загальні вимоги

9.3.1.1 Вважається, що розміри елементів корпусу, які визначені згідно з розділом **3** цієї частини Правил, забезпечують місцеву міцність судна, виготовленого з металу.

При невиконанні вимог розділу **3** цієї частини Правил, розрахунок місцевої міцності корпусних конструкцій повинен виконуватися відповідно до розрахункових схем, наведених в **9.3.2**.

9.3.1.2 Розміри приєднаного пояска приймаються згідно з **3.4.6.**

9.3.1.3 Як розрахункові навантаження *P* приймаються навантаження відповідно до **2.4**.

9.3.2 Розрахункові схеми

9.3.2.1 При використанні розрахункових схем цього розділу, Регістру повинні бути надані наступні матеріали:

перелік прийнятих припущень, розрахункові схеми, результати розрахунків.

9.3.2.2 При розрахунках місцевої міцності необхідно виходити з наступних положень:

• в'язі поперечного рамного набору (флори, рамні шпангоути борту та рамні бімси) повинні розглядатися як опори для поздовжніх днищевих, бортових і підпалубних ребер жорсткості; бортові стрингери і карлінгси - відповідно для шпангоутів і бімсів;

• змінність характеристик жорсткості поперечного перерізу рамних в'язей, яка обумовлена наявністю книць, при розкритті статичної невизначеності системи враховувати не слід;

• прогони в'язей, які складають шпангоутну раму, необхідно приймати за габаритними розмірами (висоті борту і ширині корпусу судна, відстані між поздовжніми перегородками тощо) з урахуванням конфігурації;

• при визначенні напружень в опорних перерізах балок набору необхідно враховувати наявність книць при обчисленні моменту опору поперечного перерізу балки і при обчисленні згинального моменту, який діє біля кромки книць;

• при змінній висоті балок набору допускається використання у розрахунках характеристик поперечного перерізу в середині прогону балки;

• вигин бімсів не враховується.

9.3.2.3 Для розрахунків в'язей корпусу рекомендуються наступні розрахункові схеми:

• для в'язей днища, борту і палуби - розрахунок перекриттів;

• для флорів, рамних шпангоутів борту і бімсів – розрахунок у складі шпангоутної рами;

• для поздовжніх в’язей корпусу, бортових та днищевих шпангоутів основного набору, бімсів та стояків перегородок основного набору - розрахунок балок;

• зовнішньої обшивки, настилів палуб і платформ, обшивки перегородок – розрахунок пластин або балок-полосок.

9.3.2.4 При розрахунку міцності перекриттів коефіцієнт опорної пари балок головного напрямку необхідно визначати з розрахунку шпангоутної рами.

Якщо рами не розраховують, коефіцієнт закладення флорів біля скулиі бімсів біля шпангоуту необхідно визначати за формулою:

$$k = 1 / \left(1 + \eta \frac{D \cdot I_{\mathrm{F}}}{l_{\mathrm{u}} \cdot I_{\mathrm{S}}} \right), \qquad (9.3.2.4\text{-}1)$$

де: η - коефіцієнт, який визначається залежно від кількості палуб/платформ в районі корпусу судна, що розглядається:

$\eta = 2/3$ - для суден без проміжних палуб/платформ,

$\eta = 4/3$ - для суден з однією проміжною палубою/платформою;

D - висота борту судна, м;

l_{u} - прогін флора або бімса, м;

I_{F} – момент інерції поперечного перерізу флора (або бімса), см^4;

I_{S} – момент інерції поперечного перерізу шпангоуту, см^4.

Необхідний момент опору балок набору визначається за формулою, см^3:

$$W = \frac{M}{\sigma_{\mathrm{d}}}, \qquad (9.3.2.4\text{-}2)$$

де: M - розрахунковий згинальний момент, Нм;

σ_{d} - допустимі напруження, які визначаються згідно **9.6**, Н/мм^2.

9.3.2.5 Днищеві перекриття [див. рис. 9.3.2.5-1, варіанти а) – г)].

Відстань між флорами повинна бути кратною шпації. Розміри вертикального кіля та стрингерів визначаються за результатами розрахунків регулярних перекриттів відповідно до рис. 9.3.2.5-1.

Аргумент пружної основи днищового перекриття визначається за формулою:

$$U = k_1 \sqrt[4]{\frac{I_{\mathrm{F}} \cdot l_{\mathrm{K}}^{\,4}}{I_{\mathrm{K}} \cdot s \cdot l_{\mathrm{u}}^{\,3}}} \qquad (9.3.2.5)$$

де: k_1 - коефіцієнт пружної основи, який визначається залежно від числа перехресних в'язей n (вертикальний кіль, стрингери) і коефіцієнта опорної пари балок головного напрямку (флори) k за табл. 9.3.2.5;

I_{F} - момент інерції поперечного перерізу флора з приєднаним пояском, см^4;

I_{K} - момент інерції поперечного перерізу вертикального кіля або стрингера з приєднаним пояском, см^4;

l_{u} - прогін флора, м, який визначається як:

$l_{\mathrm{u}} = B_1$, де B_1 - ширина відсіку на висоті пояска флора посередині довжини відсіку за відсутності поздовжньої перегородки або відстань між поздовжньою перегородкою і бортом на висоті пояска флора посередині довжини відсіку;

$l_{\mathrm{u}} = 0{,}6B_{\mathrm{x}}$, де B_{x} - ширина судна в перерізі на рівні конструктивної ватерлінії;

l_{K} - довжина вертикального кіля або стрингера, м;

s - шпація (відстань між флорами), м;

k - коефіцієнт опорної пари флорів, що визначається за формулою (9.3.2.4-1).

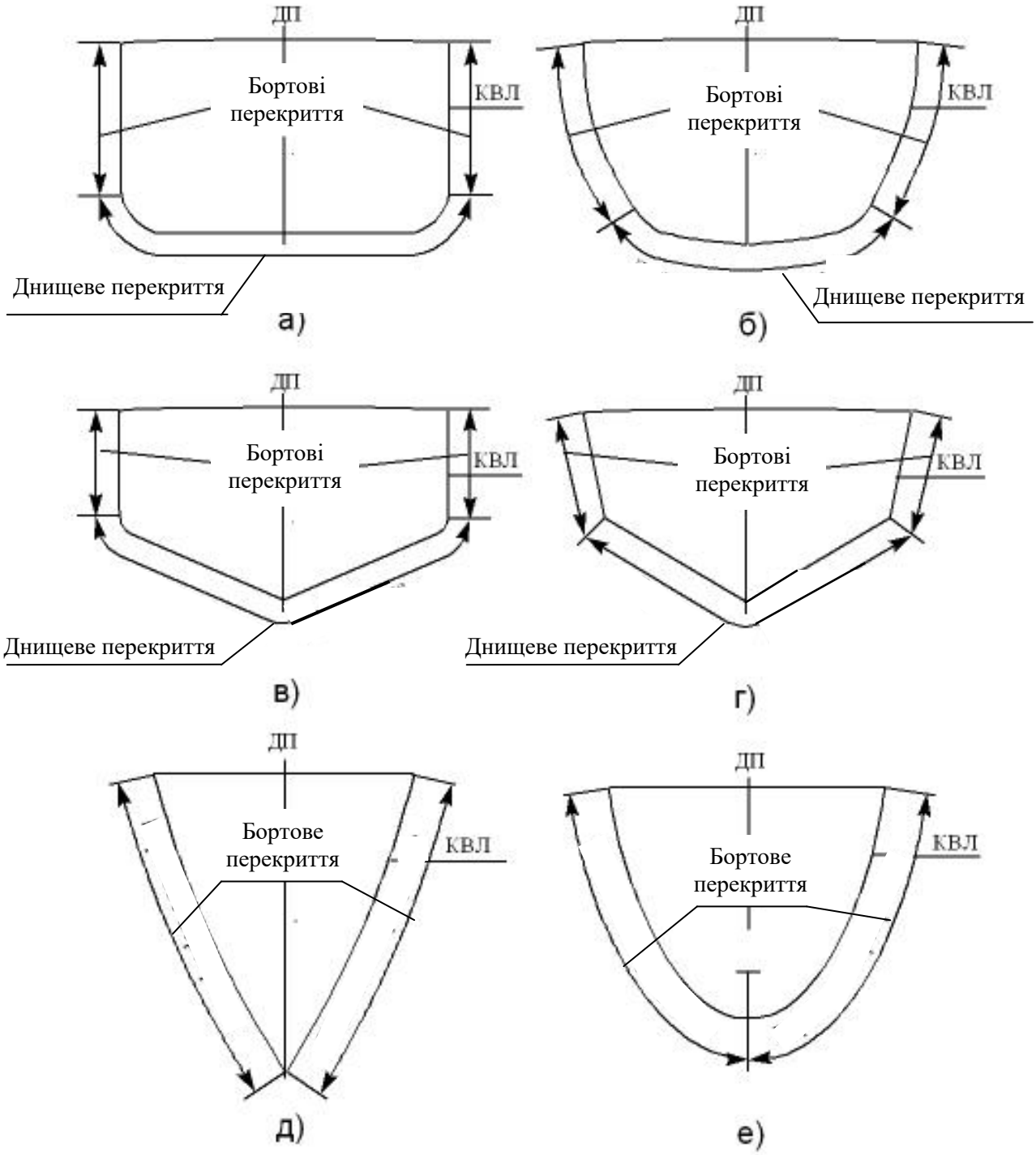


Рис. 9.3.2.5-1 Приклади перекриттів зовнішньої обшивки судна

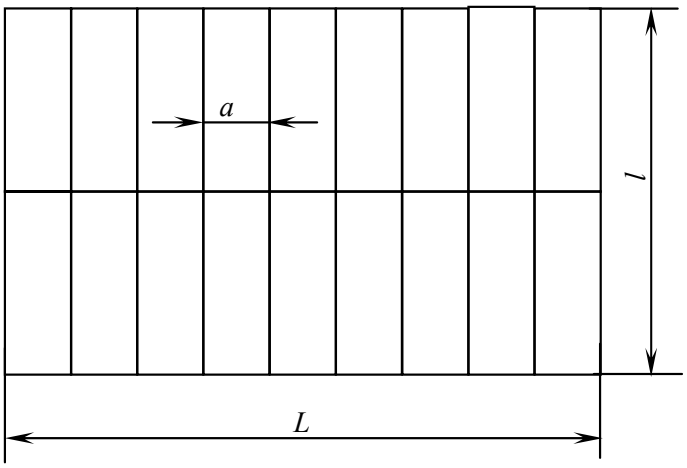


Рис. 9.3.2.5-2 Схема днищевого перекриття з розмірами для розрахунку

Таблиця 9.3.2.5 **Визначення коефіцієнта пружної основи k_1**

k / *n*	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	0,931	0,945	0,967	0,988	1,015	1,048	1,088	1,130	1,182	1,245	1,320
2	0,849	0,865	0,886	0,905	0,933	0,965	1,000	1,046	1,098	1,160	1,282
3	0,785	0,800	0,820	0,836	0,863	0,892	0,927	0,967	1,015	1,072	1,185

Коефіцієнт *k* опорної пари перехресних балок (вертикального кіля та стрингерів) приймається рівним 1,0.

При розрахунку флора у складі шпангоутної рами розрахункова схема визначається відповідно до рис. 9.3.2.5-3.

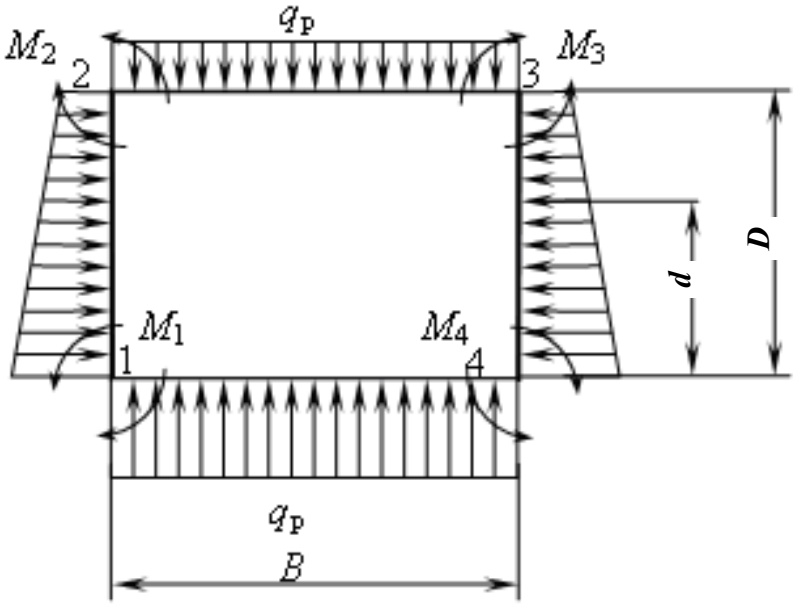


Рис. 9.3.2.5-3 Розрахункова схема для шпангоутної рами

Для розкриття статичної невизначеності шпангоутної рами повинна бути застосована теорема трьох моментів. В силу симетрії конструкції і навантаження вузлові моменти:

$M_1 = M_4$, $M_2 = M_3$

За основні невідомі приймаються згинальні моменти у вузлових перерізах 1 та 2.

Поздовжні ребра жорсткості розраховуються як балки, жорстко закріплені на флорах.

9.3.2.6 Бортові перекриття (див. рис. 9.3.2.5-1).

.1 Розміри поперечного перетину шпангоута при відсутності на судні привального брусу або в районі, де привальний брус не встановлюється, визначаються за результатами розрахунку перекриття або розрахунку шпангоута відповідно до схеми рис. 9.3.2.6.1-1.

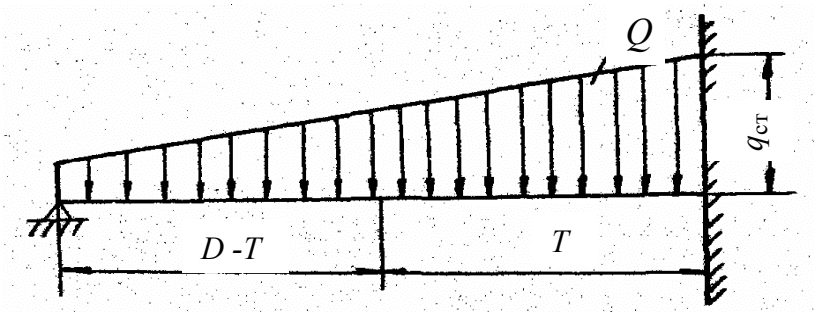


Рис. 9.3.2.6.1-1.

Розміри поперечного перерізу шпангоуту визначаються за результатами розрахунку перекриття або розрахунку шпангоутуз урахуванням привального бруса (зусилля *F*) та бортового стрингера (в районі ватерлінії), якщо вони є, відповідно до схеми рис. 9.3.2.6.1-2, на якому позначено:

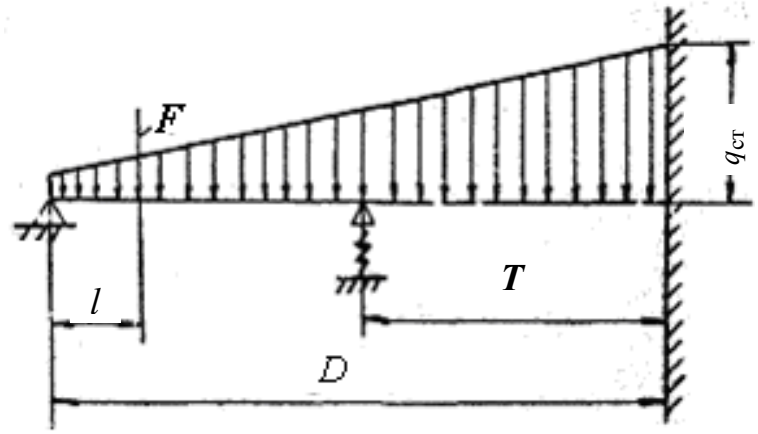


Рис. 9.3.2.6.1-2

l - відстань від верхньої палуби до середини ширини контактної площі привального бруса з бортовим перекриттям, м;

F - максимально допустима величина повного зусилля, яке передається привальним брусом на одну шпацію бортового перекриття, кН, що визначається за формулою:

$$F = P \times s \times b\,, \qquad (9.3.2.6.1)$$

де: *s* – шпація, м;

P - допустима величина контактного тиску для бортових перекриттів, яка приймається 100кН/м^2;

b - ширина контактної площі привального бруса з бортовим перекриттям судна, м.

.2 Бортові стрингери розраховуються як балки на суцільній пружній основі. Для визначення коефіцієнта піддатливості пружної опори необхідно вважати, що бортовий стрингер жорстко закріплений на поперечних перегородках, лежить на суцільній пружній основі і навантажений одиничною силою *F* = 1 посередині прогону (див. рис. 9.3.2.6.2).

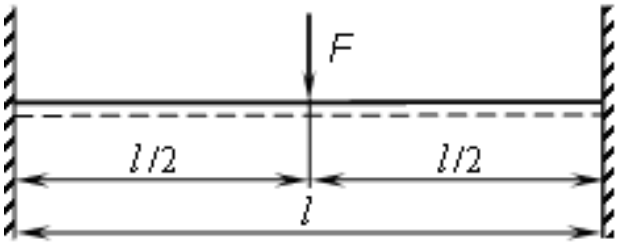


Рис. 9.3.2.6.2 Розрахункова схема для бортового стрингера

9.3.2.7 Зовнішня обшивка, настил палуб і обшивка перегородок

.1 При розрахунку зовнішньої обшивки і настилів як балок – полос, допустимі напруження σ_d приймаються згідно з підрозділом **9.6.**

При розрахунку зовнішньої обшивки як пластини, допустимі напруження σ_d не повинні перевищувати небезпечних σ_0, тобто. повинна виконуватися умова: $\sigma_d \leq \sigma_0$.

.2 Пластини днищевої обшивки вважаються жорстко закріпленими по чотирьох кромках і завантаженими рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю q_p.

.3 Пластини бортової обшивки і перегородок вважаються жорстко закріпленими по всіх краях або жорстко закріпленими на шпангоутах та стрингері і вільно опертими на скулі [на гостроскулих суднах, див. рис. 9.3.2.5-1 б), в), г)]. Навантаження змінюється за гідростатичним законом, як показано на рис. 9.3.2.7.3.

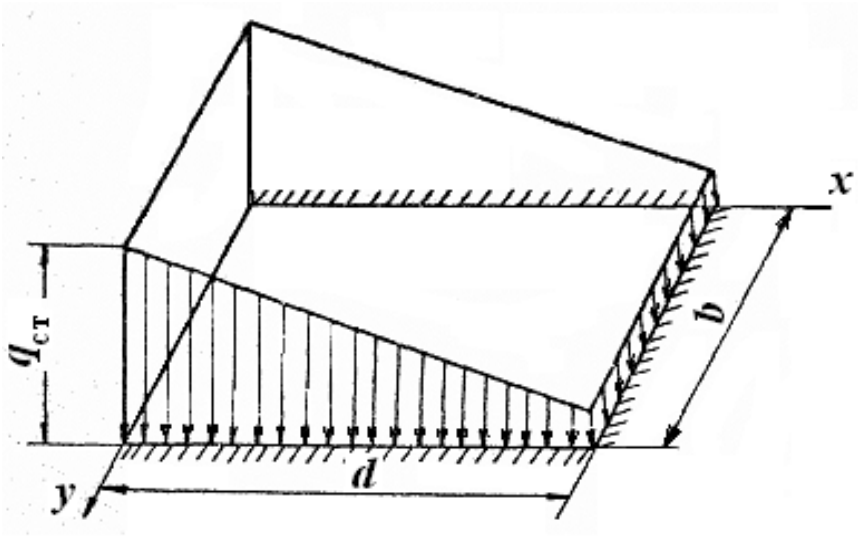


Рис. 9.3.2.7.3 Розрахункова схема для пластини бортової обшивки

.4 Товщина настилу палуби визначається за результатами розрахунків двох типів пластин, завантажених рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю q_p з жорстким закріпленням по чотирьох кромках на карлінгсахта бімсах і з жорстким закріпленням по трьох кромках на бімсах та карлінгсах і вільним обпиранням на борт.

9.4 ЗАГАЛЬНА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН З АВ-ПЛАСТИКУ

9.4.1 Загальні вимоги

9.4.1.1 Розміри елементів корпусу суден з АВ-пластику, які визначаються згідно з розділом **3** та **Додатками В ÷ Е** цієї частини Правил, забезпечують місцеву міцність і, як правило, додаткового розрахунку загальної міцності не вимагається. Додаткові розрахунки місцевої міцності флорів та інших в'язей корпусу вітрильних суден, які підтримують баластовий кіль, виконуються згідно з **3.5**.

9.4.1.2 Розрахунок загальної міцності корпусу суден з АВ-пластику ґрунтується на визначенні загального вигину, поздовжні зусилля від якого слід розраховувати для наступних типів суден:

• моторних суден з поперечною системою набору для якогоу водотоннажному стані при повному навантаженні виконується умова:

$$\upsilon / \sqrt{L_{\mathrm{WL}}} > 6;$$

• вітрильних суден з поперечною системою набору, що зазнає великих поздовжніх навантажень;

• суден з великими вирізами на палубі або з великими подовженнями, коли відношення найбільшої довжини судна до висоти борту становить:

$$L_{\mathrm{H}}/D > 12.$$

Процедура розрахунку, яка наведена нижче, не призначена для використання як повного розрахунку поздовжніх зусиль, а служить для визначення розмірів в'язей судна у разі, коли забезпечення місцевої міцності згідно з **9.4.1.1** недостатня для проектування надійної та безпечної конструкції корпусу судна. Для будь-якого судна, яке не відповідає критеріям, викладеним нижче, вимагається більш ретельний розрахунок загальної міцності відповідно до методів, прийнятих у будівельній механіці корабля.

9.4.1.3 Для суден (крім човнів, див. **1.3.4.5** частини I «Класифікація») при перевірці загальної міцності повинна бути проведена перевірка жорсткості корпусу за величинами деформацій згідно з **9.6.4.2**, причому поряд з прогином від вигину обов'язково повинен враховуватися прогин від зсуву (при визначенні стрілок прогину при зсуві) балок, стінки яких розрізаються перехресним набором, до уваги вводиться повна площа стінки).

9.4.2 Оцінка загальної міцності корпусу суден із АВ-пластику

9.4.2.2 Максимальний згинальний момент

Максимальний вертикальний згинальний момент у корпусі M_{V} визначається за формулою, Нм:

$$M_{\mathrm{V}} = k_{\mathrm{Glob}} \times m_{\mathrm{LDC}} \times L_{\mathrm{H}} \qquad (9.4.2.2)$$

де: коефіцієнт k_{Glob} має такі значення:

• для моторних суден, $k_{\mathrm{Glob}} = 0{,}5 + 0{,}6 \cdot n_{\mathrm{CG}}$,

• для вітрильних суден, $k_{\mathrm{Glob}} = 2{,}7$;

і де n_{CG} - фактор динамічного навантаження, який визначається згідно з **2.3.3**.

Опір конструкції згинальному моменту повинен оцінюватися при прогині: при стисненні палуби, яке є найбільш критичним випадком при розрахунку загальної міцності, або при перевірці розтягую чого напруження у днищі або кілі.

9.4.2.3 Стискаюче напруження в палубі

Стискаюче напруження від загального розрахункового моменту σ_{DK} розраховується за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{\mathrm{DK}} = M_{\mathrm{V}} \times z_{\mathrm{DK}} \times \frac{E_{\mathrm{DK}}}{EI_{\mathrm{NA}}} \qquad (9.4.2.3)$$

де: z_{DK} - відстань по вертикалі від палуби до нейтральної осі поперечного перерізу корпусу (еквівалентного брусу) на міделі, мм;

E_{DK} – модуль пружності палуби (середній), Н · мм^2;

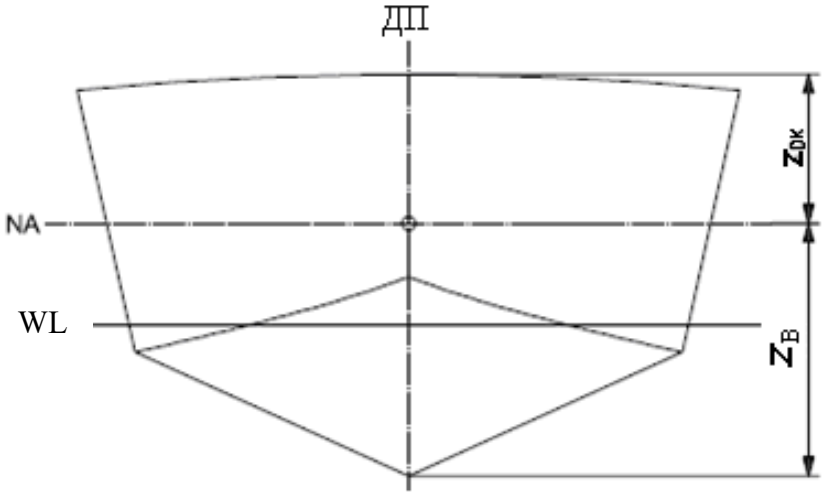
EI_{NA} - жорсткість при згинанні еквівалентного бруса корпусу на міделі, Нмм^2, що не враховує будь-які надбудови на міделі, які мають довжину менше L_H /2.

Напруження σ_{DK} не повинне перевищувати наступних значень:

• $\sigma_{DK} \leq 0{,}5\sigma_{uc}$, де σ_{uc} – границя міцності при стисненні для різних матеріалів з АВ-пластику згідно з частиною XII «Матеріали» цих Правил;

• $\sigma_{DK} \leq 0{,}8\sigma_{crx}$, де σ_{crx} - критичне напруження втрати стійкості пластини, що визначається згідно з **9.4.2.4**.

На рис. 9.4.2.3 показаний взаємозв'язок між z_{DK} та z_B вертикальною відстанню від нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі до нижньої кромки днища або кіля.



Позначення: NA – нейтральна вісь;
z_{DK} - вертикальна відстань від палуби до нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі;
z_B – вертикальна відстань від нейтральної осі еквівалентного бруса корпусу на міделі до нижньої кромки днища або кіля.

Рис. 9.4.2.3. Поперечний переріз корпусу судна (еквівалентний брус)

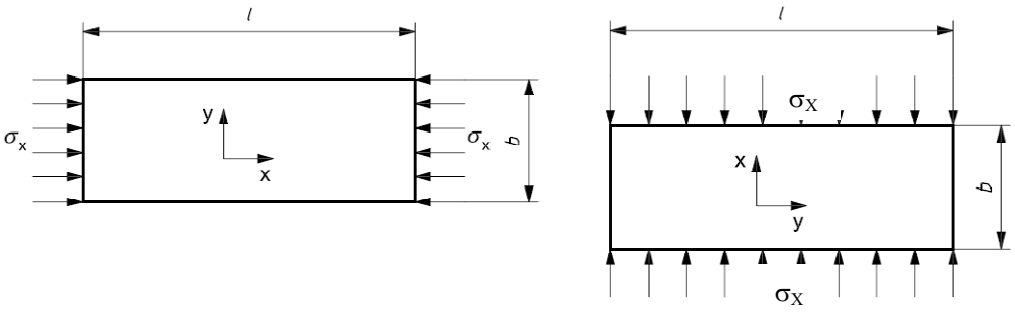
9.4.2.4 Напруження в палубі при втраті стійкості

.1 Загальні положення

Напруження пластини при втраті стійкості визначається складним розрахунком як найнижче напруження для усіх форм втрати стійкості (кількостінапівхвиль). Розрахунок ще більше ускладнюється для композитних матеріалів, які є ортотропними і для яких ізотропні формули, що використовуються для металів, не застосовні.

Тому, крім наведеного нижче методу, може використовуватися методи: аналіз кінцевих елементів з використанням оболонки або аналіз жорстких елементів, вільно опертих по кінцях.

Розміри пластин, що використовуються при розрахунку втрати стійкості палуби, схематично показані на рис. 9.4.2.4.1.



а) стиснення вздовж довгої сторони пластини (поздовжня система набору)

б) стиснення вздовж короткої пластини (поперечна система набору)

Позначення: *b* – менша сторона пластини; *l* – більша сторона пластини; σ_X - критичне напруження втрати стійкості вздовж осі *x*.

Рис. 9.4.2.4.1. Ескіз до розрахунку втрати стійкості пластин палуби

.2 Стійкість ізотропної пластини з АВ-пластику

Для ізотропних пластин критичне напруження втрати стійкості вздовж осі *x* (див. рис. 9.4.2.4.1) розраховується послідовно за формулами (9.4.2.4.2-1), (9.4.2.4.2-2) і (9.4.2.4.3).

Спочатку визначаються напруження від пружного вигину σ_{ex}за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{\text{ex}} = k_{\text{e}} \times E \times \left(\frac{t}{b}\right)^2, \qquad (9.4.2.4.2\text{-}1)$$

де: k_e - коефіцієнт, що має одне з наступних значень:

- якщо напруження стиснення паралельно довгій стороні пластини [зазвичай при поздовжній системі набору, див. рис. 9.4.2.4.1 а)]: $k_e = 3{,}6$;

- якщо напруження стиснення паралельно короткій стороні пластини [зазвичай при поперечній системі набору, тобто. бімси без карлінгсів, див. рис. 9.4.2.4.1 б)], при відношенні $b/l \le 1$:

$$k_{\text{e}} = 0{,}9 \times \left[1 + \left(\frac{b}{l}\right)^2\right]^2 \qquad (9.4.2.4.2\text{-}2)$$

Примітка. Всі краї пластини вважаються вільно опертими, тому в деяких випадках розрахунок може забезпечувати підвищений запас міцності.

Для ізотропних пластин критичне напруження σ_{crx} визначається як $\sigma_{crx} = \sigma_e$.

.3 Стійкість ортотропної пластини з АВ-пластику

Для одношарового композитного ортотропного ламінату формули, що наведені в підпункті **.2**, незастосовні.

Для ортотропних ламінатів критичне напруження σ_{crx} розраховується за формулою (9.4.2.4.3), наведеною нижче, Н/мм^2:

$$\sigma_{\text{cr x}} = \frac{\pi^2 E_{\text{y}}}{12\left(1\text{-}v_{\text{xy}} v_{\text{yx}}\right)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \left[n^2 \frac{E_{\text{x}}}{E_{\text{y}}} \left(\frac{b}{l}\right)^2 + 2 \frac{E_{\text{y}} v_{\text{xy}} + 2G_{\text{xy}}\left(1 - v_{\text{xy}} v_{\text{yx}}\right)}{E_{\text{y}}} + \frac{1}{n^2}\left(\frac{l}{b}\right)^2 \right] \times E_{\text{x}}, \qquad (9.4.2.4.3)$$

де: *b* - розмір пластини вздовж зусилля стиснення (не обов'язково найменший розмір), мм;

l - розмір пластини вздовж ненавантаженого краю, мм;

E_x - модуль пружності при згині вздовж осі *x*, Н/мм^2;

E_y - модуль пружності при згині вздовж осі *y*, Н/мм^2;

G_{xy} - модуль пружності при зсуві вздовж осі *x*, Н/мм^2;

v_{xy} - коефіцієнт Пуассона для напруження вздовж осі *x*;

v_{yx} - коефіцієнт Пуассона для напруження уздовж осі *y*, що визначається як $v_{yx} = v_{xy}\,(E_y/E_x)$;

n – число напівхвиль на довжині *a*. Приймається ціле значення, яке округляється в найближчу сторону від значення $m = (a/b) \cdot (E_y/E_x)^{1/4}$, для спрощення розрахунків за формулою (9.4.2.4.3).

Розрахунки, які необхідні для оцінки критичного напруження від вигину одношарових пластин з АВ-пластику, виходять за рамки цього підрозділу.

.4 Стійкість ортотропних тришарових панелей

Наближене значення напруження втрати стійкості для тришарових панелей може бути отримано за допомогою застосування формули (9.4.2.4.3) де замість модуля пружності при згині E_x використовується відношення $t^3/12$ тощо. Така заміна допустима при заповнювачі з високою жорсткістю при зсуві (бальза), але не може використовуватися при заповнювачі з пінопласту та іншого аналогічного матеріалу.

Тому розрахунки, необхідні для оцінки критичного напруження втрати стійкості тришарових панелей з АВ-пластику, виходять за рамки цього підрозділу. Слід використовувати розрахунок панелі напружень Ейлера методами, прийнятими в теорії опору матеріалів, за умови, що кромки панелі вважаються вільно опертими.

9.5 ЗАГАЛЬНА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН З ДЕРЕВА

9.5.1 Призначення норм небезпечних напружень

9.5.1.1 Для загальних напружень, незмінних за значенням, до яких відносяться напруження від загального вигину, небезпечними напруженнями(σ_0 , τ_0) є:

а) для нормальних напружень в елементах корпусу з дерева - 0,6 від границі міцності деревини на стиснення з урахуванням вологості: $\sigma_0 = 0,6k\sigma_{uc//}$;

б) для нормальних напружень в елементах корпусу з фанери або холодноформованого шпону - 0,7 від границі міцності на стиснення або на розтягнення матеріалу: відповідно $\sigma_0 = 0,7k\sigma_{uc//}$ або $\sigma_0 = 0,7k\sigma_{ut//}$;

в) для дотичних напружень в елементах корпусу з дерева - 0,6 від границі міцності деревини на сколювання з урахуванням вологості $\tau_0 = 0,6k\tau_{ск}$.

Значення коефіцієнту *k*, що враховує зниження механічних властивостей матеріалу в результаті зволоження, приймається в залежності від місця розташування елемента у корпусі, рівним:

- при постійному контакті з водою (зовнішній кіль, обшивка днища, обшивка борту нижче ватерлінії) $k = 0,7$,
- для в'язей, що піддаються перемінному зволоженню або стикаються з обшивкою днища (обшивка борту вище ватерлінії, днищеві шпангоути, настил палуби, ватервейс, днищеві стрингери), $k = 0,85$,
- для в'язей, що не піддаються додатковому зволоженню в процесі експлуатації, у тому числі для фанерованого клеєного набору, незалежно від місця його розташування $k = 1,0$;

г) для дотичних напружень в елементах з фанери або дерево-шаруватих пластиків - 0,7 від границі міцності матеріалу на сколювання або зріз: відповідно $\tau_0 = 0,7k\tau_{ск}$ і $\tau_0 = 0,7k\tau_{u//}$;

д) для зрізуючи напружень у заклепках, шурупах і болтах - 50% від границі міцності на зріз.

9.5.1.2 Для загальних нормальних і дотичних напружень, що можуть призвести до порушення стійкості форми конструкції корпусу, небезпечні напруження повинні прийматися рівними критичному напруженню, визначеному як Ейлереве напруження з урахуванням поправки на зміну модуля нормальної пружності (для металевих в'язей).

9.5.2 Розрахунок загальної поздовжньої міцності корпусу

Розрахунок загальної міцності корпусу з дерева повинен виконуватися методами, прийнятими в будівельній механіці корабля.

9.6 ДОПУСТИМІ НАПРУЖЕННЯІ ДЕФОРМАЦІЇ

9.6.1 Загальні положення

Допустимі напруження для елементів корпусу суден в основному визначаються в розділі **3** цієї частини Правил. У цьому підрозділі наводиться зведення посилань на відповідні пункти розділу **3** з додаванням вимог до допустимих напружень для суден з армоцементу і до допустимим деформаціям для суден з корпусом із різних матеріалів. Наводяться також вказівки щодо розрахунку таких деформацій.

9.6.2 Допустимі напруження для матеріалів (крім армоцементу)

Значення допустимих напружень для цілей цієї частини Правил приймаються:

.1 для пластин із сталі та сплавів алюмінію - по табл. 3.3.3.1;

.2 для пластин одношарового ламінату з АВ-пластику - за табл. 3.3.2.1;

.3 для пластин з ламінованої деревини або фанери - по табл. 3.3.4.1;

.4 для пластин з поліетилену РЕ - по табл. 3.3.6.4.5;

.5 для елементів тришарових пластин з АВ-пластику - згідно **3.3.5.2 ÷ 3.3.5.6**;

.6 для ребер жорсткості корпусу судна з різних матеріалів (крім армоцементу) - за табл. 3.4.3;

.7 для елементів баластових кілів, їх кріплень та підкріплень - відповідно до **3.5.2**.

9.6.3 Допустимі напруження для корпусів суден з армоцементу

.1 При розрахунках як загальної, так і місцевої міцності допустимі нормальні та дотичні напруження для елементів корпусу судна з армоцементу приймають рівними:

$$\sigma_{\mathrm{d}} = 0,85\sigma_{\mathrm{u}} \qquad \tau_{\mathrm{d}} = 0,55\tau_{\mathrm{u}}$$

.2 Розрахункові значення модулів пружності і зсуву повинні прийматися відповідно:

$$E_{\mathrm{p}} = 0,85E_{\mathrm{b}} \qquad G_{\mathrm{p}} = 0,35E_{\mathrm{bc}}$$

9.6.4 Допустимі деформації

9.6.4.1 Елементи корпусу із сталі або легких сплавів

Всі деформації від розрахункових навантажень повинні перебувати в межах пружних властивостей матеріалу сталі або алюмінієвих сплавів.

Стрілки прогину пружних деформацій не регламентуються.

9.6.4.2 Елементи корпусу із АВ-пластику

.1 Допустимі деформації для суден

Для пластин обшивки прогини повинні бути не більше 1/100 прогону або товщини пластини, в залежності від того, що менше.

Для ребер жорсткості прогин повинен становити не більше 1/200 прогону.

Стрілка прогину корпусу в цілому не повинна перевищувати 1/400 довжини L_{H}.

При розрахунках на екстремальні навантаження, стрілки прогину ребер жорсткості не повинні перевищувати 1/100 прогону, стрілки прогину пластин – 1/50 прогону, але не більше 2-х товщин обшивки.

При розрахунку корпусу, для випадку підіймання судна на стропах, допустима стрілка прогину корпусу не повинна перевищувати 1/300 відстані між стропами.

.2 Допустимі деформації для катерів (див**. 1.3.4.5** частини I «Класифікація»)

Допустимі стрілки прогину приймають рівними:

• для корпусу в цілому – 1/400 довжини;

• для листів зовнішньої обшивки – 1/50 прогону;

• для ребер жорсткості – 1/100 прогону.

.3 Допустимі деформації для човнів (див. **1.3.4.5** частини I «Класифікація»)

Допустимі стрілки прогину при розрахунках на дію статичних навантажень:

• для корпусу в цілому – 1/250 довжини;

• для листів зовнішньої обшивки – 1/50 прогону;

• для ребер жорсткості – 1/100 прогону;

• зміна ширини човна – 1/250 його довжини L_{H}.

Для динамічних навантажень стрілки прогину не регламентуються.

9.6.4.3 Допустимі деформації для конструкцій з дерева

Для пластин обшивки стрілка прогину не повинна перевищувати 1/250 прогону, для ребер жорсткості – не більше 1/400 прогону.

Стрілка прогину корпусу судна в цілому не повинна перевищувати 1/500 його довжини L_H.

При розрахунках на екстремальні навантаження стрілки прогину ребер жорсткості не повинні перевищувати 1/250 прогону, стрілки прогину пластин - 1/100 прогону, але не більше 2-х товщин обшивки.

При розрахунку корпусу, для випадку підіймання на стропах, допустима стрілка прогину корпусу судна не повинна перевищувати 1/400 відстані між стропами.

9.6.4.4 Допустимі деформації для конструкцій з армоцементу

Усі деформації від розрахункових навантажень повинні бути в межах пружних властивостей армоцементу і не бути причиною утворення тріщин.

Прогини окремих елементів і всієї конструкції в цілому повинні становити не більше 1/300 прийнятої довжини прогону або консолі.

9.6.4.5 Розрахунок деформацій

Розрахунок стрілок прогину балок, пластин і корпусів суден повинен виконуватися методами, загальноприйнятими в будівельній механіці корабля.

10 ВИМОГИ ДО ОСОБЛИВИХ КОНСТРУКЦІЙ

10.1 СУДНА З НАДУВНИМ КОРПУСОМ

10.1.1 Загальні положення

10.1.1.1 Вимоги цього розділу поширюються на малі судна з надувним корпусом та масою у повному вантажі 183кг і більше.

10.1.1.2 Судна з надувним корпусом можуть бути моторними, вітрильними, гребними, суднами, які буксируються, та стоянковими.

10.1.2 Терміни та визначення

Терміни, що відносяться до загальної термінології, викладені в **1.2** цієї частини Правил та в **1.3.4.5** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

Для цілей цього розділу додатково прийняті наступні терміни і визначення:

Армований еластичний матеріал – матеріал для виготовлення надувного корпусу, який має в своїй основі армовану еластичну тканину, яка має водонепроникність та високу міцність.

Внутрішня довжина $L_{вн}$ – довжина внутрішньої площі, виміряна по ДП, м.

Внутрішня площа, $A_{вн}$ - площа горизонтальної проекції судна з надувним корпусом, обмежена вертикальною поверхнею, дотичною до внутрішньої сторони надувних відсіків і транця (якщо він є), м^2.

Надувний відсік - замкнута частина надувного корпусу, заповнена повітрям або газом під тиском, який має надувний клапан.

Надувний клапан – пристрій, що щільно закривається, для заповнення повітрям надувного відсіку, а також повного або часткового випуску повітря.

Надувний корпус – корпусна конструкція з еластичних матеріалів, яка розділена на надувні відсіки.

Неармований еластичний матеріал – матеріал для виготовлення надувного корпусу, який не має у своїй основі армованої тканини.

Судно з надувним і жорстким корпусом – судно, що має жорстку конструкцію зазвичай нижньої частини корпусу (днище) та надувну конструкцію верхньої частини (борту).

Для суден типів **I ÷ II** та **IV ÷ VIII** (див. **10.1.3** та **Додаток L** до цієї частини Правил**)** жорстка частина заповнюється матеріалом малої щільності (заповнювачем), або, принаймні, повинна складатися з двох повітряних відсіків, об'єм яких не повинен перевищувати 20% загального об’єму плавучості судна.

Для суден типів **IX ÷ X** жорстка частина може включати повітряні відсіки або відсіки із заповнювачем (пінопластом), при цьому об’єм повітряних відсіків повинен становити не менше 50% загального об’єму плавучості судна.

Судно з надувним корпусом – човен, катер, судно та інші водотоннажні плавучі засоби, призначені для транспортування людей і вантажів, що набувають необхідної форми та об'єму шляхом надування відсіків надувного корпусу повітрям або газом.

10.1.3 Типи суден із надувним корпусом

10.1.3.1 За рівнем вимог судна з надувним корпусом поділяються на такі типи:

• веслове судно довжиною $L_Н$ < 8м – тип **I** (див. рис. L.1 **Додатку L** цієї частини Правил);

• моторне судно довжиною $L_Н$ < 8мз номінальною потужністю двигуна до 4,5кВт включно – тип **II** (див. рис. L.2 **Додатку L**);

• вітрильне судно довжиною $L_Н$ < 8мз площею основних вітрил не більше 6м^2 – тип **IV**;

• моторне судно довжиною $L_Н$ < 8м з номінальною потужністю двигуна 4,5кВт < N ≤ 15кВт – тип **V** (див. рис. L.2 **Додатку L**);

• вітрильне судно довжиною $L_Н$ < 8м з площею основних вітрил понад 6м^2 – тип **VI**;

• моторне судно довжиною $L_Н$ < 8м із сумарною потужністю двигунів понад 15кВт – тип **VII** (див. рис. L.3 **Додатку L**);

• моторне судно довжиною $L_Н$ < 8м із сумарною потужністю двигунів понад 75кВт – тип **VIII** (див. рис. L.4 **Додатку L**).

• моторне судно довжиною $L_Н$ ≥ 8м із сумарною потужністю двигунів понад 15кВт – тип **IX** (див. рис. L.5 **Додатку L**);

• моторне судно довжиною $L_H \geq 8$м із сумарною потужністю двигунів понад 75кВт – тип **X** (див. рис. L.6 **Додатку L**).

Примітка. Судна типу **III** за класифікацією ДСТУ EN ISO 6185-1 (каное і каяки) не є предметом розгляду Регістром.

10.1.3.2 Несамохідні (буксирувальні) надувні судна за рівнем вимог поділяються на 2 групи:

• з потужністю двигуна судна, який буксирує $N \leq 45$кВт;

• із потужністю двигуна судна, який буксирує $N > 45$кВт.

10.1.3.3 У **Додатку L** наведено рисунки та комплектація обладнанням суден з надувним корпусом різних типів. Керівництво для власника судна повинне містити точний перелік компонентів, що становлять комплектацію конкретного судна.

10.1.4 Корпус

10.1.4.1 Загальні вимоги

Матеріали, що застосовуються для виготовлення корпусу та його обладнання і арматури, повинні відповідати своєму призначенню по міцності, водонепроникності, стійкості до навколишнього середовища, довговічності, зносостійкості, морозостійкості, вогнестійкості, а також стійкості до гниття та ураження грибком.

10.1.4.2 Матеріал надувного корпусу

.1 Для виготовлення надувного корпусу повинні застосовуватися високоеластичні пластмаси (еластомери), термоеластопласти (ТЕП), а також пластикати на основі полівінілхлориду, поліурктану тощо.

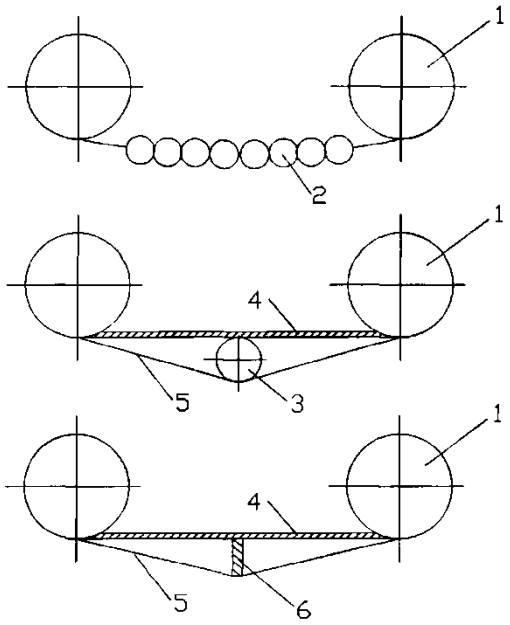
.2 Еластичні матеріали можуть бути армованими і неармованими.

Неармовані матеріали мають меншу міцність і можуть застосовуватися тільки для суден з надувним корпусом масою у стані в повному вантажі до 1223кг з потужністю двигуна не більше 15кВт.

.3 Вимоги до характеристик матеріалів, які застосовуються для суден з надувним корпусом, викладені у розділі **6** частини XII «Матеріали» цих Правил.

10.1.4.3 Конструкція надувного корпусу

.1 Надувний корпус складається з декількох надувних відсіків циліндричної форми і утворює у плані замкнуту (О-подібну) або незамкнуту форму, обмежену з корми транцем (U-подібну). Типові поперечні перерізи надувного корпусу показані на рис. 10.1.4.3.1.



Позначення:

1 Бортовий надувний відсік; 2 Камери надувного днища; 3 Надувний кіль; 4 Жорсткий пайол; 5 М'яке днище; 6 Жорсткий кіль.

Рис. 10.1.4.3.1. Поперечні перерізи надувних корпусів

.2 Днища суден з надувним корпусом можуть бути надувними з еластичних, як і борти, матеріалів, або жорсткими – з металу, АВ-пластику або деревини, див. рис. 10.1.4.3.2.

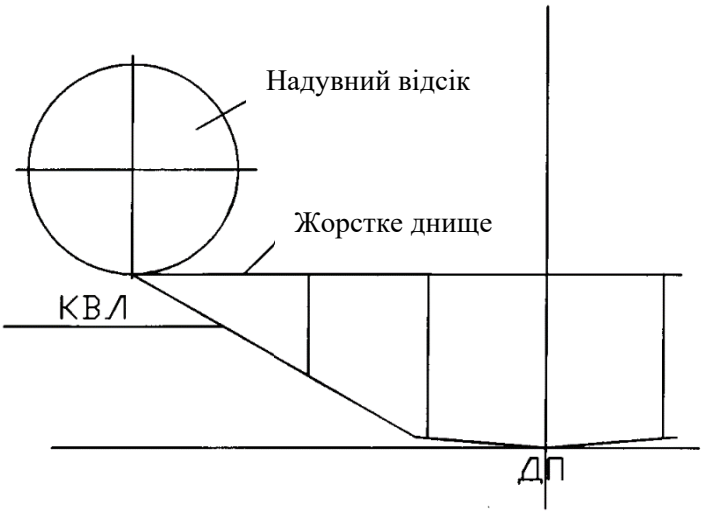


Рис. 10.1.4.3.2 Надувний корпус з жорстким днищем

.3 Надувний корпус може виготовлятися безшовним методом, шляхом виготовлення пластичної оболонки і її вулканізації під час виготовлення корпусу.

.4 У випадку, якщо для корпусу використовуються гнучкі пластини, кромки листів скріплюються між собою за допомогою клейових з'єднань або зварних швів. Місця з'єднань закриваються накладними бинтами, що приклеюють, і які перекривають лінію з'єднання не менше ніж на 15мм на обидві сторони.

.5 Шви надувного корпусу, які отримуються шляхом зварювання, повинні мати плавний перехід до основного матеріалу. Не повинне бути пропалин, пухирців повітря, гофри та зморшок.

.6 Клейові з'єднання надувного корпусу не повинні мати пухирців повітря. Можуть допускатися гофри та зморшки довжиною не більше 10мм у місцях заокруглень борту і днища. Виступ клею з-під бинтів і накладних деталей не повинен перевищувати 2 ÷ 3мм по місцю приклеювання днища.

.7 Випробування корпусу на міцність, які застосовуються до надувного корпусу, наведені в **11.7.2**, а до надувного з жорстким корпусом – в **11.7.3**.

.8 Рекомендований робочий тиск повинен бути вказаний для кожного надувного відсіку в Керівництві для власника судна і на табличці виготовлювача (позначається з символом тиску, див. **1.3.4.12.3** частини I «Класифікація»Правил класифікації та побудови суден).

Рекомендований робочий тиск повинен бути вказаний у Паскалях. Можуть бути вказані інші одиниці виміру. Як додатковий захід безпеки, номінальний тиск повинен бути вказаний на кожному надувному відсіку.

10.1.4.4 Використання деревини

.1 Загальні вимоги

Якщо нижче не зазначено інше, тип деревини та фанери повинні відповідати розділу **3** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Вся деревина і фанера, яка використовується, повинна бути захищена від намокання засобами, такими як фарба, лак або консервант, придатними для використання у воді.

При виборі захисних покриттів повинні дотримуватися норми по захисту навколишнього середовища.

.2 Фанера

Може застосовуватися фанера з листяних або хвойних порід і шарів клею, стійкого до води та випарів.

Фанера, призначена для виконання зовнішньої обшивки або палуби, повинна бути виготовлена з елементів доброї якості, як для зовнішніх, так і для внутрішніх шарів.

Деревина, що використовується для виготовлення елементів фанери, повинна бути твердої і стійкої породи, а технологія виготовлення повинна забезпечувати стійкість фанери до дії води. Фанера, яка виготовлена з менш твердих порід деревини, може бути прийнята за умови посилення стійкості цієї деревини щодо гниття застосуванням відповідних засобів.

Усі сполучні кромки та/або поверхні, у тому числі будь-які торці, повинні бути надійно захищені покриттям.

Деревина, що використовується, повинна бути висушеною, без заболоні, розшарування, ураження комахами, тріщин. Деревина шарів не повинна мати сучків, але допускаються зрощення волокон.

.3 Конструкційні пиломатеріали

Деревина, що використовується при побудові судна, повинна бути висушеною, без заболоні, сучків та інших дефектів.

Інша фанера, застосовувана для оббудовування і обладнання судна, може бути виготовлена з менш довговічних порід деревини, які оброблені деревними консервантами. Деревина повинна бути такої породи, що може бути належним чином оброблена.

10.1.4.5 Застосування металевих деталей

Типи та матеріали металевих деталей корпусу повинні відповідати вимогам розділу **4** цієї частини Правил та розділу **2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Міцність жорсткого корпусу повинна бути перевірена:

• відповідно до вимог розділу **4**, та

• під час ходових випробувань згідно з **7.2** частини XI «Випробування суден» цих Правил (крім суден прибережного **5** району плавання).

10.1.4.6 Застосування АВ-пластику

Сполучна, волокна і ламінат із них повинні відповідати вимогам розділу **5** та **11.4.1** з урахуванням застосовних додатків до цієї частини Правил та розділу **5** частини XII «Матеріали» цих Правил. Міцність конструкції перевіряється під час ходових випробувань згідно з **7.2** частини XI «Випробування суден» цих Правил.

10.1.4.7 Матеріал малої щільності

Матеріал малої щільності (як правило, пінопласт), який використовується для заповнення відсіків плавучості, повинен пройти випробування, наведені в **4.3.5** частини XII «Матеріали» цих Правил.

10.1.5 Обладнання, системи та дільчі речі

10.1.5.1 Загальні положення

.1 Стропи, що застосовуються для оснащення суден, а також для створення випробних навантажень повинні мати діаметр не менше 8мм.

.2 Матеріали та методи виготовлення дільчих речей повинні бути сумісні з надувним корпусом. Будь-який виріб, прикріплений до надувного корпусу, не повинен призводити до порушення герметичності та потрапляння води в надувні відсіки під час випробувань згідно з **10.1.5.1.3**.

.3 Для цілей випробування підбирається строп з будь-якого матеріалу, який повинен мати діаметр 8мм. Строп кріпиться до виробу.

Натягуючи строп, поступово навантажують виріб у будь-якому напрямку до навантаження, зазначеного нижче, і підтримують це навантаження протягом 1хв:

• 0,5кН для веслових суден (тип **I**);

• 1,0кН для вітрильних та моторних суден з потужністю двигуна 15кВт та менше (тип **II, IV ÷ VI**);

• 1,50кН для моторних суден із сумарною потужністю двигунів понад 15кВт (тип **VII ÷ VIII**);

• 2,0кН для моторних суден із сумарною потужністю двигунів понад 15кВт (тип **IX ÷ X**).

10.1.5.2 Леєра і поручні безпеки

Судна з надувним корпусом всіх типів повинні бути обладнані при побудові поручнями і/або леєрами для утримання будь-якої людини, яка перебуває на штатному місці сидіння або за бортом, навіть якщо судно перекинулося.

10.1.5.3 Підіймальні пристрої

.1 Ручні пристрої для підіймання та переносу.

Судна з надувним корпусом масою менше 900кг повинні бути обладнані ручними пристроями для підіймання і переносу. Ручки для перенесення човнів повинні бути неполірованими і неслизькими, без щербин інерівностей. Радіуси заокруглення повинні бути не менше 4мм.

Випробування пристроїв для підіймання і переносу здійснюється відповідно до вимог **10.1.5.1.3**.

.2 Підіймальні пристрої.

На суднах з надувним корпусом масою 900кг і більше повинен встановлюватись пристрій для підіймання судна.

Стропи та конструкція підіймальних пристроїв, які стаціонарно встановлені на кокпіті і транці, повинні витримувати принаймні навантаження в $5\times m_N$ для суден типів **VII ÷ VIII** і навантаження в $6\times m_N$ для суден типів **IX ÷ X**, а також повинні бути випробувані навантаженням не менше $2\times m_N$, де m_N – маса судна нетто згідно з **1.3.4.10.2.24** частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

Не повинно бути жодних ознак залишкової деформації або пошкоджень підіймального пристрою, його кріпильних елементів або опорної поверхні та навколишньої конструкції одразу після випробування.

Як альтернатива міцність підіймальних пристроїв може бути доведена розрахунком.

Підіймальний пристрій та пов'язане з ним забезпечення, такі як ремені та підіймальні стропи, повинні бути зазначені в Керівництві для власника судна.

10.1.5.4 Клапани

.1 Надувний клапан.

Надувні клапани повинні виготовлятися із стійких до корозії матеріалів і не повинні ушкоджувати матеріал надувного корпусу.

При виборі типу та розміщенні клапанів для надування відсіків повинні виконуватися умови, щоб клапани:

• були легко доступними, як на березі, так і на плаву;

• не заважали людям, які перебувають на своїх штатних місцях;

• не заважали виконанню робіт на судні;

• не заважали вантажно-розвантажувальним роботам;

• не ушкоджувалися/відривалися стропами, леєрами чи рухомими частинами корпусу судна;

• забезпечувалися заглушкою, яка надійно закриває клапан і прикріплена до нього для запобігання її випадковій втраті;

• мали можливість зменшувати тиск у надувних відсіках, а також підключення до них приладів для вимірювання тиску.

.2 Випускні клапани.

Випускні клапани можуть встановлюватись як додаткові до надувних.

Їх встановлення та розташування повинні задовольняти вимоги підпункту **.1**, крім останнього перерахування. Вони повинні бути виготовлені з корозійностійких матеріалів, нездатних ушкоджувати надувний корпус.

Спуск повітря з будь-якого одного відсіку не повинен призводити до втрати повітря або газу з будь-якого з відсіків, які залишилися.

10.1.5.5 Кочети і весла

Вимоги до кочетів і весел пред'являються тільки у випадку, якщо вони входять до комплектації (див. розділ **12** частини III цих Правил).

Повинні бути передбачені місця зберігання весел на судні.

Тертьові поверхні весел і кочетів не повинні мати гострих граней, які приводять до посиленого зношення.

Повинен бути забезпечений розворот весел у кочетах не менше ніж на 120° (на 60° до носу і на 60°до корми).

Міцність пристрою на березі перевіряється шляхом прикладення горизонтальних зусиль до вставлених кочетів величиною 0,5кН протягом 1 хвилини, натягуючи строп у будь-якому горизонтальному напрямку.

Експлуатаційні якості веслового пристрою перевіряються випробуваннями на плаву відповідно до **7.2.4** частини XI «Випробування суден» цих Правил.

10.1.5.6 Транець для кріплення підвісних двигунів

Конструкція транця або кріплення двигуна та його з'єднання з судном повинні витримувати в нормальних умовах експлуатації максимальне навантаження, що виникає при:

• максимальних вихідній потужності та крутному моменті двигуна (двигунів), та

• навантаження від маси встановленого двигуна (двигунів).

При використанні транцю із фанери з покриттям АВ-пластиком товщина транцю визначається згідно з **5.4.1.8**. При необхідності розрахунки міцності транця та елементів його кріплення повинні бути виконані методом, загальноприйнятим у будівельній механіці корабля.

Не повинно бути жодних поломок та пошкоджень під час ходових випробувань, які проводяться в обсязі вимог **7.2.2** частини XI «Випробування суден» цих Правил.

Метод надійного кріплення підвісного двигуна повинен бути зазначений у Керівництві для власника судна.

10.1.5.7 Осушення

.1 Відсіки жорсткого днища, в яких може накопичуватись вода, повинні бути оснащені засобами для осушення.

На суднах з суцільним настилом палуби (пайолами), що мають кокпіт, повинна бути встановлена на рівні вище ватерлінії, принаймні одна зливна пробка для спуску води з внутрішньої частини корпусу (ллял). Повинні бути передбачені також заходи для запобігання випадковому скиданню нафтовмісних трюмних вод відповідно до розділу **2** частини XIV «Засоби запобігання забрудненню з суден» цих Правил.

.2 На суднах з надувним корпусом **VIII ÷ X** типів повинно забезпечуватись самостійне видалення води екіпажом із кокпіту менш ніж за 5хв. При цьому допускається залишок води висотою не більше 100мм над днищем рецеса.

Вимога перевіряється у ході випробування, наведеного у **7.1.3** частини XI «Випробування суден» цих Правил. Замість випробування, час видалення води може бути розрахований згідно з **2.8.8** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

10.1.5.8 Буксирний, швартовний і якірний пристрої

.1 Опорна позиція буксирного пристрою повинна бути встановлена в носовій частині судна, а на суднах типу **X** - у носовій і кормовій частинах судна.

.2 Швартовні та якірні пристрої, в обсязі застосовних вимог розділів **3** та **4** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил, повинні мати судна типів **IX ÷ X**.

.3 Міцність елементів буксирного пристрою, закріпленого на корпусі судна, і корпус судна в районі їх установки, повинна бути в 1,5 рази вище міцності буксирного троса, яким повинне забезпечуватися судно.

10.1.5.9 Вітрильне озброєння

.1 Зусилля від вітрил і стабілізаторів курсу повинні сприйматися та передаватися на надувний корпус накладними рамами, що складаються з поздовжніх і поперечних балок, до яких кріпиться щогла, стоячий та бігучий такелаж щоглового озброєння, а також стабілізатори курсу

.2 Поздовжні балки рами повинні кріпитися зверху на надувні відсіки правого та лівого бортів у вигляді накладних стрингерів за допомогою спеціальних кріплень.

.3 Знімні щогли і стріли у знятому положенні повинні надійно кріпитися на судні. Гік і вітрила повинні управлятися одним рульовим. Мінімальний діаметр строп, що використовуються в бігучому такелажу, повинен бути не менше 8мм.

.4 Вітрильне озброєння повинне задовольняти вимогам розділу **5** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

Розрахунки міцності щоглового пристрою і накладної рами виконуються на зусилля, які визначаються відповідно до вимог розділу **5** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

10.1.5.10 Стабілізатори курсу вітрильних суден

Висувні кілі і шверти, а також шверти які опускають за борт, повинні безвідмовно працювати, встановлюватися та зніматися до рівня днища без використання інструмента.

Шверти, які опускають за борт повинні бути забезпечені страхувальними стропами для запобігання їх від випадкового загублення.

Конструкція будь-якого виду стабілізаторів курсу повинна витримувати навантаження на бічну змочену поверхню тиском 80Н/м^2, направлену перпендикулярно до ДП судна.

Шверти, які опускаються за борт, що відіграють роль стабілізаторів курсу, повинні безвідмовно працювати, встановлюватися та забиратися без використання інструменту.

Шверти повинні забезпечуватись страхувальними стропами для запобігання їх від випадкової втрати.

Конструкція шверту та його кріплення в опущеному стані повинні витримувати навантаження на бічну змочену поверхню тиском 80Н/м^2, спрямовану перпендикулярно до ДП судна.

10.1.5.11 Місця для сидіння і їх кріплення

.1 Надувні відсіки не повинні використовуватися як місця для сидіння.

.2 На суднах типу **VII ÷ X** сидіння, які стаціонарно встановлені на судні, та їх кріплення повинні відповідати вимогам міцності та жорсткості згідно з **11.7.4**. Сидіння та поручні для рук повинні бути ергономічними, щоб підтримувати пряму осанку кожної людини (у межах максимальної кількості людей), а також повинні запобігати падінню людей усередині судна або за борт крім інших засобів запобігання падінню людини за борт.

10.1.5.12Дистанційне керування рульовою системою. Поле огляду з поста керування судном

Якщо дистанційне керування рульовою системою пропонується як стандартне або додаткове обладнання, будь-яка система такого керування повинна відповідати вимогам частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

Для судна з кутовою колонкою та дистанційним рульовим керуванням повинен передбачатися аварійний ручний рульовий пристрій на зменшеній швидкості.

На суднах типів **VIII** і **X** встановлення дистанційного рульового керування обов'язкове. Кріплення елементів дистанційного керування (якщо воно передбачене) повинне відповідати вимогам міцності згідно з **11.7.4**.

Кути огляду з основного поста керування судном з надувним корпусом повинні відповідати вимогам **3.2** частини VIII «Радіо- і навігаційне обладнання» цих Правил.

10.1.5.13 Електричне обладнання

Усі електричні вироби, які використовуються як стандартне або додаткове обладнання, повинні відповідати вимогам **3.6** частини VII «Електричне обладнання» цих Правил.

10.1.5.14 Двигун і моторний простір

.1 Стаціонарні двигуни

Якщо на судні передбачено стаціонарний двигун або двигуни, вони повинні встановлюватися окремо від простору для розміщення людей таким чином, щоб мінімізувати ризик пожежі та її поширення, а також, щоб уникнути небезпек, пов'язаних з токсичними парами, тепловим випромінюванням, шумом і вібрацією.

Деталі двигуна, які потребують частої перевірки та/або обслуговування, повинні бути доступними.

Матеріал, що використовується для звукоізоляції моторного відсіку, повинен бути звернений до двигуна, бути стійким до впливу палива, водопоглинання і мати вогнезатримуючі властивості.

.2 Паливна система

Постійно встановлена паливна система та стаціонарні паливні баки повинні відповідати вимогам **4.10** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

Судно типу **VIII** і **X** повинно бути оснащене стаціонарною паливною системою, включаючи стаціонарні паливні баки або цистерни.

.3 Вентиляція бензинових двигунів і паливного бака (де застосовно)

Система вентиляції вільного простору, 1,5 літра і більше для суден типу **VII** і **VIII,** а також більше 3-х літрів для суден типів **IX ÷ X,** у складі бензинового двигуна та бензобака, повинна відповідати вимогам **4.9** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

.4 Підвісні двигуни.

Підвісні двигуни встановлюються відповідно до інструкції виготовлювача.

Підвісні двигуни повинні надійно кріпитися на транці судна. Повинен передбачатися трос кріплення двигуна до транцю або до будь-якої міцної конструкції корпусу згідно з вимогами **2.6.10** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

Максимальна потужність підвісних двигунів повинна відповідати вимогам **2.3.6** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

10.1.5.15 Протипожежний захист

Моторне судно з надувним корпусом і з потужністю двигуна понад 25кВт повинне відповідати вимогам **3.3** частини X «Протипожежний захист» цих Правил.

10.1.5.16 Отвори в корпусі, надбудові або кокпіти

Вікна, ілюмінатори, двері, люки та інші вироби, які встановлюються у жорсткому корпусі, кокпіту та надбудові суден з надувним корпусом, повинні відповідати вимогам розділу **9** частини Ш «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил. Кінгстони, якщо вони встановлюються, повинні відповідати вимогам **4.4** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

10.1.5.17 Навігаційні ліхтарі

Якщо на судніз надувним корпусом передбачаються сигнально-розпізнавальні ліхтарі, вони повинні відповідати вимогам розділу **10** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

10.1.5.18 Запобігання забрудненню навколишнього середовища

Коли застосовно, судноз надувним корпусом повинно мати таку конструкцію, щоб запобігти випадковому скиданню за борт забруднюючих речовин (олії, палива). Судна, оснащені стаціонарним туалетом, повинні мати збірну цистерну, яка відповідає вимогам **3.6** частини XIV «Засоби запобігання забрудненню з суден» цих Правил або повинні мати умови для зберігання цистерни стічних вод на борту. Будь-які трубопроводи для систем туалету повинні бути обладнані кінгстонами відповідно до **3.8** частини XIV «Засоби запобігання забрудненню з суден» цих Правил, які можуть бути закріплені в закритому положенні.

10.1.5.19 Рівень шуму

Судна з надувним корпусом і стаціонарним двигуном без вбудованої вихлопної системи повинні бути спроектовані та побудовані таким чином, щоб рівень шуму відповідав вимогам розділу **6** частини XIV «Засоби запобігання забрудненню з суден» цих Правил.

10.1.5.20 Рятувальні засоби

Засоби запобігання падінню за борт та рятувальні засоби повинні відповідати вимогам відповідно до розділу **7** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» та частини IX «Рятувальні засоби» цих Правил.

Якщо на судні з надувним корпусом вимагається встановлення рятувального плоту, то повинні передбачатися необхідні засоби для його встановлення на борту судна. Якщо використовується рятувальний пліт жорсткого типу, він повинен бути встановлений на кокпітіі і бути готовим до негайного використання. Якщо використовується надувний рятувальний пліт, він повинен зберігатися в чохлі або контейнері, які можуть бути покладені в закритий відсік, але мають бути легкодоступними.

10.1.6 Керівництво для власника судна

10.1.6.1 Кожне судно з надувним корпусом повинне забезпечуватись Керівництвом з експлуатації, складеним мовою, зрозумілою потенційному покупцеві. Воно повинне дозволити користувачеві правильно зібрати, надути та підготувати судно для експлуатації, правильно використовувати підіймальні пристрої, встановити кріплення сидіння, рульовий пристрій (в залежності від того, що застосовне).

10.1.6.2 Керівництво для власника судна повинне включати також необхідну інформацію щодо експлуатації, зберігання та обслуговування судна (залежно від того, що застосовується):

• рекомендації із зберігання;

• детальні відомості про найпотужніший двигун із використовуваних;

• методи установки і монтажу підвісного двигуна, вітрильного спорядження, гребного пристрою, знімних паливних баків, електричних акумуляторів і сидінь;

• комплектацію судна рятувальними засобами, вітрильним спорядженням, веслами, запчастинами, інструментами;

• метод правильного завантаження судна та правильного розміщення людей;

• обмеження плавання за погодними умовами;

• методи осушення судна.

10.1.6.3 Керівництво для власника судна також повинне включати попереджувальні написи, що стосуються остаточного складання судна перед першим використанням.

При складанні Керівництва необхідно звернути увагу на необхідність повного завершення самостійного складання та встановлення таких пристроїв, як рульові колонки, сидіння та надбудови. Вони мають бути встановлені відповідно до вимог цих Правил, щоб можна було гарантувати відповідність конструкції судна проекту.

Попередження повинні надаватися у Керівництві для власника судна щодо наступного:

• небезпека порушення послідовності та технологій складання та монтажу, які важливі при надуванні судна;

• доцільність утримання рятувальних засобів відповідно до вимог Правил, а також носіння рятувальних жилетів людьми на борту судна;

• ціль і важливість користування ременями безпеки для запобігання нещасним випадкам;

• попередження про можливості негативних наслідків розливу рідин, таких як олія та бензин, разом із ризиком виникнення пожежі (де застосовне);

• небезпеки, пов'язані з нерівномірним розміщенням людей на судні;

• попередження про можливі стихійні лиха, що містять помітні попередження типу «Остерігайтеся морських вітрів та течій»;

• небезпека перевищення навантаження, наведеної в табличці виготовлювача та пов'язаний з нею ризик затоплення;

• важливість виконання установки рульових колонок або іншого обладнання, що не постачається з судном, при складанні судна перед першим використанням відповідно до інструкцій Керівництва для власника судна та постачальника обладнання.

У Керівництві для власника судна повинна зазначатися маса судна у стані водотоннажності порожнем.

10.2 КОКПІТИ І РЕЦЕСИ

10.2.1 Загальні положення

Цей підрозділ визначає вимоги до кокпіту або рецесу, який виконаний як «водонепроникний» або «швидковідливний», у частині його дренажу (осушення самопливом) без використання будь-яких насосів або інших засобів для видалення води за борт.

Термін «швидковідливний» прийнятий щоб відрізнити його відтерміну «самовідливний», де вода може зливатись за борт при деяких станах судна, але без точно встановленої швидкості дренажу, висоти днища або комінгсів кокпіту, тощо.

10.2.2 Терміни і визначення

Основні визначення, що використовуються у цьому підрозділі, наведені нижче.

Інші визначення, що стосуються кокпітів та рецесів, наведено в **1.2.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

Дренаж - пристрій зливу, що дозволяє видаляти воду, що накопичилася в рецесі, за борт самопливом.

Як дренаж може використовуватися:

• відливна труба за борт вище або нижче ватерлінії,

• частина кокпіту, оснащена прямим випуском за борт,

• шпігат, або штормовий шпігат тощо.

Кокпіт – відкрите приміщення для розміщення людей і засобів керування на судні.

Рецес - місцеве поглиблення, ніша або виїмка в палубі надводного борту, а також ніша для підвісного двигуна (поглиблення в транцевій перегородці) з перегородками і планширом, доведеними до рівня палуби судна.

10.2.3 Конструкція кокпітів

Кокпіт повинен мати міцну конструкцію і бути невіддільною частиною корпусу судна.

Типові конструкції кокпітів наведені в **Додатку D** до частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

10.2.4 Конструкція дренажу

10.2.4.1 Розмір поперечного перерізу дренажу

Вимоги до розміру прохідного перерізу дренажу (площі поперечного перерізу отвору зливу) визначається розрахунком згідно з **2.8.10.1** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

Повинна бути унеможливлене ненавмисне закриття дренажного отвору незакріпленими предметами або такелажем.

10.2.4.2 Захисні сітки

Якщо дренаж обладнаний захисними сітками, гратами або іншими пристроями, що перешкоджають незакріпленим предметам потрапляти в систему дренажу, необхідно враховувати, що осередки малих розмірів схильні до закупорювання сміттям, ніж безпосередньо пристрій дренажу.

Мінімальний розмір проходу осередку, в будь-якій частині цих пристроїв, визначається відповідно до **2.8.10.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

10.2.5 Інші види дренажу

Рецес підіймального кіля або опускного шверта та інші види отворів можуть використовуватися для дренажу, якщо вони придатні для цієї мети.

10.2.6 Дренажний трубопровід

Розміри та конструкція дренажу повинні враховувати всі варіанти навантаження під час експлуатації судна.

Трубопровід повинен бути захищений від ударів та утворення вм'ятин предметами, що зберігаються на судні.

Трубопровід не повинен захоплювати забортну воду і використовуватися тільки для осушення рецесу. Ця вимога не поширюється на рецес підіймального кіля або забортні колодязі та шахти, які використовуються для осушення рецесу.

Дренажний трубопровід рекомендується виконувати без вигинів. За наявності вигинів їхній радіус повинен становити не менше 10 діаметрів трубопроводу, щоб уникнути засмічення в коліні.

Арматура закриття отворів дренажу в корпусі судна та складові частини трубопроводу повинні відповідати вимогам **4.4** частини V «Механічні установки. Механізми. Системи і трубопроводи» цих Правил.

10.2.7 Комінгси

Конструкція відкидного комінгсу та закладних дошок повинна забезпечувати водонепроникність відповідно до вимог розділу **9** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

Відкидний комінгс та заставні дошки повинні мати пристрій, що зберігає їх у місці, коли вони використовуються, яке, як мінімум, буде доступне зсередини.

Відкидний комінгс повинен кріпитися до конструкцій корпусу так, щоб його можна було зняти тільки з використанням інструментів.

Інші вимоги до закладних дошок викладено у **9.4.3.4** частини III «Пристрої, обладнання та забезпечення» цих Правил.

10.3 БАГАТОКОРПУСНІ СУДНА

Конструкції багатокорпусних суден, призначених для експлуатації у прибережних **2 ÷ 4** районах плавання, повинні відповідати вимогам **4.5** та **6.14**, в залежності від обраного матеріалу корпусу.

Конструкція засобів евакуації на багатокорпусних судах повинна враховувати вимоги **6.4.2.6** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» та **8.4** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил. Конструктивні елементи засобів евакуації повинні мати міцність, еквівалентну мінімальній міцності прилеглих конструкцій корпусу судна.

10.4 СУДНА З КАРКАСНО-ТКАНИННИМ КОРПУСОМ

10.4.1 Основним типом суден з каркасно-тканинним корпусом є човни (див. **1.3.4.5** частини I «Класифікація»).

Для використання вітрильного озброєння човни повинні оснащуватися додатковими поплавками або об'єднані міцною рамою в катамаран, складений з двох човнів.

10.4.2 Конструкція однокорпусних та багатокорпусних човнів з каркасно-тканинним корпусом, розрахунки їх загальної та місцевої міцності є предметом спеціального розгляду Регістру.

10.4.3 Проектування та побудова човнів з каркасно-тканинним корпусом рекомендується виконувати за допомогою конструктивних рішень, які добре зарекомендували себе при експлуатації суден такого типу.

Рекомендовані проекти човнів з каркасно-тканинним корпусом приведені у табл. 10.4.3.

Таблиця 10.4.3 **Характеристики проектів човнів з каркасно-тканинним корпусом**

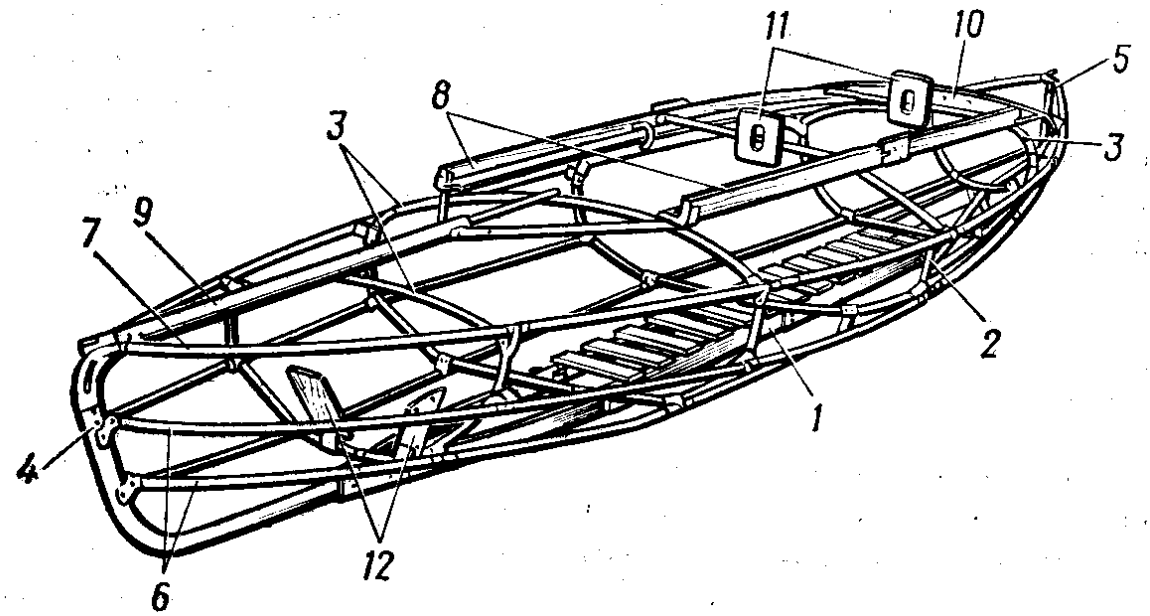
Назва проекту	Місткість, чол	Вантажопідйомність, чол	Довжина, м	Ширина, м	Запас плавучості, кг	Маса човна, кг
Салют М-4,7	2	250	4,7	0,90	200	36
Таймень-2	2	250	5,0	0,85	250	32
Ладога	2-3	350	5,4	0,92	-	38
Салют М-5,2	3	350	5,2	0,99	200	42
Таймень-3	3	375	5,7	0,88	325	38

10.4.4 Каркасно-тканинні човни по конструкції поділяють на: каркасні із жорсткою або м'якою оболонками і каркасно-надувні.

10.4.5 Для виготовлення стрингерів і шпангоутів рекомендується застосування трубчастого профілю.

10.4.6 Елементами плавучості (для створення запасу плавучості) можуть бути заповнені повітрям гумові камери, які вставляються в носовий та кормовий відсіки і розташовуються вздовж бортів усередині корпусу.

10.4.7 М'яку оболонку човна необхідно підсилити наклейкою (по кільсону та нижньому поясу стрингерів) гумових протекторів шириною 40мм ÷ 60мм і товщиною 1мм ÷ 1,5мм. Крім того, із внутрішньої сторони оболонки рекомендується по кільсону і шпангоутам приклеїти полоси губчастої гуми або подібного матеріалу шириною 40мм ÷ 60мм.



Позначення:

1- кільсон;
2- середній (незамкнутий) шпангоут;
3 – кінцевий (замкнутий) шпангоут;
4 - форштевень;
5 - ахтерштевень;
6 - стрингери;
7 – привальний брус;
8 - фальшборти;
9 - мідельвейс;
10 – задня планка кокпіту;
11 – основа спинки;
12 – педалі управління рулем.

Рис. 10.4. Основні елементи каркасно-тканинного корпусу човна

11 ВИПРОБУВАННЯ КОРПУСУ

11.1 ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Цей розділ визначає вимоги до випробування на непроникність та міцність зразків матеріалів, окремих виробів корпусу, а також корпусу всіх типів суден, що обумовлені у цій частині Правил.

11.2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

Грунт - тонкий шар покриття, нанесений на поверхню конструкцій з металу для захисту від корозії до подальшого збирання або зварювання та який не впливає на якість подальшого зварювання або збирання.

Випробування на непроникність - технологічний процес впливу випробувальними середовищами на конструкцію корпусу для оцінки непроникності конструкцій при зміні параметрів випробувальних середовищ або шляхом виявлення місць їх проникнення.

Випробування надуванням повітря - випробування на непроникність, що проводиться шляхом надування відсіку повітрям або газом для підтвердження непроникності конструкцій.

Випробування наливом води - гідростатичне випробування наливом води з напором, що проводиться для підтвердження непроникності цистерн та міцності конструкцій.

Випробування поливанням струменем води – випробування на непроникність, яке проводиться поливанням струменем води під напором, зазначеним в **11.5.4**, для підтвердження непроникності конструкцій, які впливають на непроникність корпусу або непроникності корпусу при впливі води, але які не підлягають випробуванню наливом води або надуванням повітрям чи газом.

Випробування капілярним методом – випробування на непроникність для перевірки щодо відсутності наскрізних дефектів в обмежуючих конструкціях за допомогою рідин з низькимповерхневим натягом.

Непроникність – здатність конструкції не пропускати воду або інші рідини.

11.3 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ З ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НА НЕПРОНИКНІСТЬ

11.3.1 Випробуванням на непроникність повинні підлягати всі конструкції корпусу судна, які у звичайних умовах експлуатації або у передбачених аварійних випадках можуть контактувати з водою або іншою рідиною та не повинні пропускати її, зберігаючи свою непроникність.

11.3.2 Випробування виробів корпусу (дільних речей) на непроникність проводяться відповідно до **9.11** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил.

11.3.3 Усі елементи корпусу, у тому числі і частини, що розташовані всередині нього, які забезпечують перебування судна на плаву після спуску на воду, а також недоступні для огляду та усунення дефектів на плаву, повинні бути випробувані до спуску судна на воду.

11.3.3 Поверхня конструкцій корпусу, які випробовуються, повинна бути чистою, сухою та доступною для огляду.

11.3.4 Підвідні трубопроводи (шланги) повинні бути обладнані запобіжними кранами (вентилями) або клапанами.

Розміщення штуцерів для встановлення манометрів, підключення трубопроводів (шлангів) та розміщення запобіжних кранів (вентилів) і клапанів повинні забезпечувати зручність їх обслуговування.

11.3.5 Вимоги безпеки під час проведення випробувань повинні дотримуватись відповідно до чинних стандартів.

11.4 ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ

11.4.1 Визначення механічних властивостей ламінатів із АВ-пластику

11.4.1.1 Загальні положення

Механічні властивості для використання при визначенні розмірів елементів корпусу згідно з **2.4, 3.3, 3.4** та **Додатком Е** до цієї частини Правил, повинні визначатися одним із двох способів, які залежать від рівня оцінки механічних властивостей (**EL**), що визначаються за табл.11.4.1.

Таблиця 11.4.1 **Метод визначення рівня оцінки механічних властивостей**

Рівень оцінки	Визначення	Метод
EL-a	Механічні властивості і вміст волокон у масі ламінату визначаються вимірюванням з використанням схвалених стандартних випробувальних зразків, які взяті з судна, що будується.	Використовуються виміряні дані, виправлені згідно **11.4.1.1**
EL-b	Вміст волокон у масі ламінату визначається виміром. Вибіркові перевірки проводяться з використанням схвалених стандартних випробувальних зразків, які взяті з судна, що будується, і повинні відповідати або перевищувати значення, взяті з частини XII «Матеріали» цих Правил.	Дані за замовчуванням (з **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил)

11.4.1.2 Рівень оцінки методом "EL-a"

Механічні властивості та вміст сухих волокон у масі ламінату повинні бути визначені експериментально та отримані значення повинні використовуватись у формулах підрозділів **3.3, 3.4** та **Додатку Е** до цієї частини Правил для перевірки розрахунку розмірів елементів корпусу.

Випробувальний зразок повинен представляти продукт (частину корпусу) судна, що будується. Як правило, зразок повинен бути виготовлений у тих же умовах, у тому ж цеху, з використанням тих же матеріалів, волокон, їх відсоткового вмісту, послідовності та методів укладання, термообробки та тимчасової послідовності, що і корпус судна. Матеріал для зразків повинен бути підготовлений відповідно до вимог **5.3.1.2.**

Випробування для визначення механічних властивостей повинні проводитися згідно зі стандартами, визнаними Регістром, наприклад:

• міцність на розтяг та модуль нормальної пружності визначається відповідно до ДСТУ EN ISO 527-1[1] та ДСТУ EN ISO 527-2[2];

• міцність при згині та модуль пружності при згині визначається відповідно до ДСТУ EN ISO 178[3].

Примітки:[1]ДСТУ EN ISO 527-1. Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 1. Загальні принципи.

[2] ДСТУ EN ISO 527-2. Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 2. Умови випробування для пластмас, виготовлених методом формування та екструзії.

[3] ДСТУ EN ISO 178. Пластмаси. Визначення властивостей при згині.

Кількість зразків для випробувань повинна відповідати вимогам стандартів, схвалених або визнаних Регістром. У будь-якому випадку випробовуються щонайменше п'ять зразків для вимірювання кожної окремої характеристики.

При визначенні міцності зразка при згині,покриттязразкаламінатом (гелькоут) повинне враховуватисьпри розтягуванні.

Механічні властивості, використані в розрахунках при проектуванні, повинні бути виправлені таким чином:

• для міцності - 90% від середнього значення границі міцності або середнє значення мінус два стандартні відхилення, в залежності від того, що менше;

• для модуля пружності – середнє значення.

Вміст армуючих волокон у масі ламінату ψ може бути визначений для зразка шляхом випалювання або поглинання сполучного (зв’язувальної речовини), або шляхом обчислення маси сухих волоконw, виходячи з відомої маси фактично використаних волокон (див. **Додаток В** до частини XII «Матеріали» цих Правил) .

Виміряний вміст фактичної маси волокон у випробувальних зразках повинен використовуватися для визначення номінальної товщини зразка, застосовуючи формули для визначення товщини. Ці значення повинні використовуватися для перетворення руйнівних навантажень та деформацій у границю міцності та модуль нормальної пружності. Якщо виміряна товщина відрізняється більш ніж на 15% від номінальної товщини, повинна бути зроблена примітка, щодо цього, та включена до протоколу випробувань. Формули для товщин наведені нижче. Табличні значення формули (11.4.1-1) наведено у табл. 11.4.1.3-2.

Формули для Е-скла:

$$\frac{t}{w} = \frac{1}{3,072}\left(\frac{2,56}{\psi} - 1,36\right) \qquad (11.4.1\text{-}1)$$

$$\psi = \frac{2,56}{3,072\frac{t}{w} + 1,36} \qquad (11.4.1\text{-}2)$$

Формули для високоміцного вуглецю:

$$\frac{t}{w} = \frac{1}{2,16}\left(\frac{1,8}{\psi} - 0,6\right) \qquad (11.4.1\text{-}3)$$

$$\psi = \frac{1,8}{2,16\frac{t}{w} + 0,6} \qquad (11.4.1\text{-}4)$$

Формули для араміду:

$$\frac{t}{w} = \frac{1}{1,74}\left(\frac{1,45}{\psi} - 0,25\right) \qquad (11.4.1\text{-}5)$$

$$\psi = \frac{1,45}{1,74\frac{t}{w} + 0,25} \qquad (11.4.1\text{-}6)$$

де: t – товщина, мм;

w - маса армуючих волокон у ламінаті, кг/м^2;

ψ - вміст волокон у масі ламінату (маса армуючих волокон, поділена на сумарну масу волокон та сполучного), у відсотках.

Формули (11.4.1-1), (11.4.1-3) та (11.4.1-5) повинні використовуватися для знаходження необхідної маси волокон, яка відповідає необхідним товщинам (як зазначено в **3.3** і **3.4** та у **Додатку Е** до цієї частини Правил) при зазначеному значенні вмісту волокон у масі ламінату. Вони можуть також використовуватися для розрахунку пошарової товщини або загальної товщини ламінату, де ψ є відношенням загальної маси волокон, поділеної на загальну масу волокон і сполучного.

Формули (11.4.1-2), (11.4.1-4) і (11.4.1-6) можуть використовуватися, щоб знайти середній вміст волокон у масі ламінату, для якого маса волокон і товщина відомі (докладніше див. Е.2.1.9 **Додатку Е** до цієї частини Правил).

11.4.1.3 Рівень оцінки методом "EL-b"

Повинні виконуватися дві умови:

а) вміст волокон у масі ламінату повинен бути встановлений, принаймні, шляхом прямих вимірювань, і час від часу вибірковими перевірками шляхом випалювання або поглинання сполучного;

б) механічні випробування можна проводити систематично, за умови проведення час від часу вибіркових перевірок з використанням схвалених стандартних випробувальних зразків, як зазначено в **11.4.1.2**, щоб переконатися, що будівельник стабільно забезпечує або перевищує значення механічних властивостей, наведених у **Додатку В** до частини XII "Матеріали" цих Правил.

У цих умовах механічні властивості можуть бути прийняті по табл. 11.4.1.3-1 або відповідно з **Додатком В** до частини XII «Матеріали» цих Правил для відповідного вмісту волокон у масі ламінату.

Визначення «час від часу» має на увазі, що, якщо дотримується технологія побудови і регулярно підтверджується якість при серійному виготовленні суден (тобто, при забезпеченні будівельником відповідності або перевищення значень механічних властивостей ламінату, наведених у **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил), Регістр може дозволити не проводити випробування кожного судна.

Рекомендується час від часу проводити, як мінімум, випробування з визначення границі міцності та модуля пружності методом трьох-або чотириточкового вигину - зразка одношарового ламінату та випробування методом змінного вигину балки - зразка тришарового ламінату кожного п'ятого судна в серії.

Вибіркові перевірки повинні обов'язково проводитися кожного разу, коли склад ламінату при виготовленні судна не є в цілому аналогічним до складу, наведеного в **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил, що було зафіксовано попередньою вибірковою перевіркою.

Проте метод «**EL-b**» відрізняється від методу «**EL-a**» тим, що повний набір випробувань механічних властивостей не проводиться. З цього випливає, що Регістр може вимагати перевірити деякі критичні характеристики ламінату відповідно до «**EL-a**» при використанні за замовченням значень із **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил для інших властивостей, що не випробовуються.

У такому випадку, значення механічних властивостей, визначених за табл. 11.4.1.3-1 або відповідно до **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил повинні бути помножені на коефіцієнт 0,8.

Відношення між товщиною в мм і масою сухих волокон в кг/м^2 наведено в табл. 11.4.1.3-2 для значень ψ, наведених у табл. 11.4.1.3-1.

Таблиця 11.4.1.3-1 **Номінальний вміст армуючих волокон у масі ламінату**

Тип армуючого шару	**Для склопластику, ψ**		
	Відкрите формування		**Вакуумне формування**
	Проста поверхня**	**Складна поверхня****	
Напилюваний мат із рублених волокон (CSM)	0,30	0,25	(0,36)
Мат із рубаних волокон ручного укладання	0,30	0,25	(0,36)
Ровінгова тканина(WR)	0,48	0,36	0,58
Ровінговий комбінований мат (CSM)/(WR)*	0,46-0,18·R	0,35-0,11·R	0,56-0,22·R
Мультиаксіальна склотканина	0,50	0,38	0,60
Односпрямована склотканина (UD)	0,55	0,41	0,66
Для вуглецю, ψ: Вміст сухих волокон у масі ламінату ψ, еквівалентне такому ж вмісту скла визначається як: ψ_{carbon} = 0,99 ψ_{glass} із таблиці, мінус 0,08. Крім того, можна взяти значення θ, що відповідає ψ_{glass} у розділі **5** частини XII «Матеріали» цих Правил, та використовувати ті самі значення з розділу **5** тієї ж частини Правил.			

Закінчення таблиці 11.4.1.3-1 **Номінальний вміст армуючих волокон у масі ламінату**

Тип армуючого шару	Для склопластику, ψ		
	Відкрите формування		Вакуумне формування
	Проста поверхня**	Складна поверхня**	
Для араміду, ψ: Вміст сухих волокон у масі ламінату ψ, еквівалентний такому ж вмісту скла, визначається як: $\psi_{aramid} = 0{,}95\ \psi_{glass}$ із таблиці, мінус 0,11. *Значення *R* визначається діленням загальної маси мату на загальну масу скла у ламінаті (мат і ровінгова склотканина), кг/м^2. ** Простою поверхнею вважається така, де просочування сполучною та змочування легко забезпечуються (наприклад, великі та доступні поверхні, такі як зовнішня обшивка, настил палуби та кокпіту). Складною поверхнею вважається така, де просочування сполучною та змочування утруднені (наприклад, глибокі комінгси, високі ребра жорсткості або складний профіль балки). Складність визначається будівельником судна.			

Таблиця 11.4.1.3-2 **Табличні значення *t/w* у функції від вмісту скла ψ**

ψ	0,25	0,30	0,36	0,38	0,41	0,50	0,55	0,58	0,60	0,66
***t/w* ***	2,89	2,34	1,87	1,75	1,59	1,22	1,07	0,99	0,95	0,82
*Відношення між товщиною ламінату *t*, мм, і вмістом скла у його масі ***w***, кг/м^2										

11.4.2 Випробування зразків із залізобетону

11.4.2.1 Випробування суднобудівного бетону з метою міцності, непроникності, морозостійкості проводяться відповідно до стандартів та інших технічних умов, узгоджених з Регістром, а також відповідно до вимог «Правил побудови корпусів суден та плавучих споруд із застосуванням залізобетону» Регістру судноплавства України.

11.4.3 Випробування зразків із термопластиків

Випробування зразків із термопластиків повинні відповідати вимогам розділу **6** частини XIII «Матеріали» Правил класифікації та побудови морських суден.

11.5 ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛЕВОГО КОРПУСУ НА НЕПРОНИКНІСТЬ

11.5.1 Загальні вимоги

11.5.1.1 До початку випробувань на непроникність якість зварних та клепаних з'єднань повинна бути перевірена відповідно до нормативно-технічної документації проекту.

11.5.1.2 Випробування повинні проводитись відповідно до табл. 11.5.1.2 у присутності Регістру на досить близькій до закінчення стадії побудови для того, щоб подальші роботи не могли порушити міцність або непроникність конструкцій.

Таблиця 11.5.1.2. **Загальні вимоги до випробувань на непроникність металевого корпусу**

№з/п	Випробовувана конструкція	Вид випробувань	Напір випробування	Примітки
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Вбудовані цистерни	Наливом води	Більший із наступних: - до верху повітряної труби; - до лінії граничного занурення; - 2,4м над верхньою границею цистерни	Конструкції, що обмежують цистерни, випробовуються принаймні з одної сторони
2	Вбудовані паливні цистерни	Наливом води	Більший із наступних: - до верху повітряної труби; - 2,4м над верхньою границею цистерни; - напір, рівний тиску регулювання запобіжного клапана, за його наявності	

Продовження таблиці 11.5.1.2. **Загальні вимоги до випробувань на непроникність металевого корпусу**

№з/п	Випробовувана конструкція	Вид випробувань	Напір випробування	Примітки
1	**2**	**3**	**4**	**5**
3	Форпік, що використовується в якості цистерни	Наливом води	Більший із наступних: - до верху повітряної труби; - 2,4м над верхньою границею цистерни	
4	Форпік, що не використовується в якості цистерни	Наливом води	Максимально можливий напір води до граничної лінії занурення[2]	
5	Непроникні перегородки	Поливання струменем води[1,5]		
6	Непроникні двері нижче палуби надводного борту	Поливання струменем води		
7	Пустотіле перо стерна	Надування повітрям		Може бути замінено наливанням води з напором над верхом пера стерна, що дорівнює 1м
8	Закриття в зовнішній обшивці	Поливання струменем води		
9	Закриття вбудованих цистерн	Наливом води		
10	Відкриті частини палуб, палуба рубки[3]	Поливання струменем води[5]		
11	Зовнішні стінки надбудов, рубок	Поливання струменем води[5]		
12	Ахтерпік, який використовується в якості цистерн	Наливом води	Більший з наступних: - до верху повітряної труби, -2,4 м над верхньої точкою цистерни.	Випробування ахтерпіку виконуються після установки дейдвудної труби
13	Ахтерпік, який не використовується в якості цистерни	Випробування повітрям на герметичність		
14	Міждонні відсіки (в тому числі тунельний кіль), які призначені для рідини	Наливом води	Наливанням води на висоту 0,35м над настилом подвійогодна або до верху повітряної труби (по більшому напору)[4]	
15	Міждонні відсіки (в тому числі тунельний кіль), які не призначені для рідини	Наливом води	Наливанням води на висоту 0,50м вище рівня вантажної ватерлінії[4]	
16	Корпус суден з подвійним дном	Поливання струменем води	Поливанням струменем води під напором по всій поверхні вище рівня подвійного дна[5]	
17	Корпус суден без подвійного дна	Поливання струменем води. Наливом води	Наливанням води на висоту флорів, але не менше 0,35м вище зовнішньої обшивки днища біля кіля і поливанням струменем води під напором вище цього рівня[5]	

Закінчення таблиці 11.5.1.2. **Загальні вимоги до випробувань на непроникність металевого корпусу**

№з/п	Випробовувана конструкція	Вид випробувань	Напір випробування	Примітки
1	**2**	**3**	**4**	**5**
18	Ланцюгові ящики, які розташовані до корми від форпікової перегородки	Поливання струменем води. Наливом води	Наливом води до верху ящика або поливанням струменем води під напором[5]	Конструкції (чи їх частини) ланцюгового ящика, які піддавалися тиску води при випробуванні наливанням форпіка, можуть не випробовуватися повторно
19	Ланцюгові ящики, які розташовані до носу від форпікової перегородки	Поливання струменем води. Наливом води	Наливом води до верху ящика або поливанням струменем води під напором[5]	
20	Відсіки в підзорі корми	Поливання струменем води. Наливом води	Наливом води на висоту, що відповідає ватерлінії максимальної осадки, вище цього рівня – поливанням струменем води під напором[5]	
21	Комінгси люків і вентиляційних труб, розташованих на відкритих частинах верхньої палуби і палуб надбудов та рубок	Поливання струменем води	Поливанням струменем води під напором[5]	
22	Якірні клюзи і ланцюгові труби	Поливання струменем води	Поливанням струменем води під напором[5]	
23	Вкладні цистерни водяні, паливні і для мастила	Наливом води	Наливанням води з напором до верху повітряної або переливної труби. Для паливних і мастильних цистерн напір повинен бути не менше 0,85м над верхом цистерни[4]	Цистерни мають випробовуватися двічі: до і після їх встановлення на судні з приєднаними до них трубопроводами
24	Цистерни стічних вод	Наливом води	Наливанням води з напором, що дорівнює 1,5 тиску стовпа води від дна цистерни до нижнього санітарного прибора[4]	
25	Відсіки підрулюючого пристрою, повітряні ящики, відсіки плавучості, шахти лага, ехолота	Наливом води	Наливанням води на висоту 0,50м вище рівня площини максимальної осадки[4]	
26	Відсіки в міжпалубному просторі	Поливання струменем води	Поливанням струменем води під напором[5]	

[1]Якщо випробування струменем води із шлангу практично неможливе, воно може бути замінене ретельною візуальною перевіркою зварного з'єднання, що супроводжується, при необхідності, випробуванням на непроникність капілярним методом або обдуванням повітрям. У будь-якому випадку виконується ретельна перевірка непроникності перегородок.

[2] Положення граничної лінії занурення визначається згідно з **3.1.5** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

[3] Випробуванням поливанням струменем води піддаються ділянки, які не пройшли випробування наливом води або надувом повітря у складі інших конструкцій.

[4] За узгодженням з Регістром випробування наливанням води можуть бути замінені випробуванням надуванням повітря з надмірним тиском 15кПа.

[5] Для зварних з'єднань, за винятком з'єднань внапуск, випробування поливанням струменем води під напором можуть бути замінені випробуванням капілярним методом у відповідності до **11.5.5**.

11.5.1.3 Регістр може допустити, щоб випробування наливом води для серійних суден обмежувалися однією цистерною кожного типу та конструктивного оформлення.

Однак, якщо виявляться відхилення, Регістр може вимагати збільшення кількості відсіків, що випробовуються, або проведення такого ж обсягу випробувань, як для головного судна серії.

11.5.1.4 Випробування повинні бути проведені до спуску судна на воду. Конструкції, що підлягають випробуванню, не можна покривати фарбою або спеціальним покриттям, крім випадків, передбачених **11.5.1.5**.

11.5.1.5 Конструкції, включаючи внутрішні, можна ґрунтувати та фарбувати в повному обсязі до перевірки на непроникність при дотриманні таких умов:

.1 товщина листів обшивки, що становить непроникний контур, повинна бути не менше 12мм, а товщина стінок набору, що обмежують контур, який випробовується, - не менше 8мм;

.2 всі внутрішньосекційні з'єднання конструкцій повинні бути ретельно оглянуті до фарбування або нанесення спеціального покриття;

.3 стикові і таврові з'єднання, які розташовані нижче КВЛ, перед ґрунтуванням або фарбуванням повинні бути випробувані на непроникність змочуванням гасом або обдувом стисненим повітрям;

.4 на всіх конструкціях повинні бути закінчені складально-зварювальні роботи, виправлення, встановлення насичення;

.5 ділянки шириною 30мм ÷ 40мм, які примикають до монтажних стиків і пазів, не повинні фарбуватися, але можуть покриватися ґрунтом.

11.5.2 Випробування наливом води

11.5.2.1 Випробування повинно проводитися за температури навколишнього повітря вище 0°С.

При необхідності допускається проведення випробування наливом нагрітої води при температурі навколишнього повітря нижче 0°С. Температура води, у такому разі, повинна вибиратися такою, щоб протягом випробування зовнішні поверхні конструкції мали плюсову температуру, не відпотівали та забезпечували проникнення води через наскрізні мікродефекти без замерзання.

11.5.2.2 При перевірці конструкцій, для яких випробувальний напір перевищує висоту конструкції, для забезпечення такого напору повинна бути встановлена напірна труба з лійкою або гумовий шланг діаметром не менше 25мм. Можуть використовуватися штатні повітряні чи вимірювальні труби.

11.5.2.3 Тиск, що відповідає заданому, може бути створений насосом, що підкачує, малої продуктивності з діаметром патрубка менше діаметра напірної труби в 1,25 рази.

11.5.2.4 Для виключення утворення повітряних подушок, у верхніх частинах конструкцій, що випробовуються, повинні передбачатися отвори діаметром 8мм ÷ 10мм для випуску повітря. Після закінчення випробування ці отвори повинні бути заварені та перевірені на непроникність змочуванням гасом або обдуванням струменем стисненого повітря.

11.5.2.5 Конструкції, що перевіряються, слід оглянути через 1 годину після стабілізації випробувального тиску.

11.5.2.6 Після закінчення випробування вода з конструкцій повинна бути видалена, для чого допускається заздалегідь висвердлювати отвори та встановлювати тимчасові заглушки на них. Після зливу води отвори повинні бути заварені та випробувані на непроникність змочуванням гасом або обдуванням струменем стисненого повітря.

11.5.2.7 Під час проведення випробування наливом води повинна використовуватись чиста прісна технічна вода. Допускається використання морської води за умови виконання таких вимог:

• вода повинна бути очищена від забруднень;

• час знаходження морської води в конструкціях не повинен перевищувати дві доби від початку заповнення;

• усі поверхні конструкції після випробування повинні бути промиті від морської води.

11.5.2.8 Конструкції вважаються непроникними, якщо на контрольованій поверхні не буде виявлено течі у вигляді струменя, потік, крапель та зволоження.

11.5.3 Випробування надуванням повітря

11.5.3.1 Всі зварні шви обмежуючих конструкцій, монтажні з'єднання і зварні шви установленого насичення, включаючи з'єднання труб, повинні бути оглянуті у відповідності до схваленої процедури і перевірені під тиском, не перевищуючим 15кПа, із застосуванням піноутворюючого (мильного) розчину для виявлення місць витоків.

Повинна бути передбачена U-подібна трубка, яка має висоту, достатню для утримання напору води, відповідного випробному тиску.

Зварні шви повинні бути покриті ефективною піноутворюючою речовиною (сумішшю).

11.5.3.2 Для запобігання утворенню надмірного тиску у відсіку, який випробовується, та з метою перевірки випробувального тиску слід встановити U-подібну трубку, яка заповнена водою до рівня, який відповідає випробному тиску. Поперечний переріз U-подібної трубки повинний бути більший ніж у трубки, по якій подається повітря. На доповненнядо U – подібної трубки повинний бути встановлений схвалений контрольний манометр або інші схвалениі засоби для перевірки тиску.

11.5.3.3 Випробування надуванням повітря повинні проводитися до нанесення захисного покриття на всіх кутових зварних з’єднаннях, розташованих на межах танків або цистерн; зварних швах з повним проваром і монтажних швах, за виключенням швів, виконаних автоматичним зварюванням.

11.5.3.4 Інспектор Регістру може зажадати проведення таких самих випробувань на вибіркових ділянках монтажних швів, виконаних автоматичним зварюванням, а також демонтажних швів, виконаних ручним або автоматичним зварюванням, з урахуванням процедур контролю якості, які використовуються на верфі. Інші шви можуть випробуватися надуванням повітря після нанесення захисного покриття при умові, що ці шви підлягали ретельному візуальному огляду.

11.5.3.5 За погодженням із Регістром, можуть бути прийняті інші методи випробувань. Наприклад, у відсіку, який випробовується, можуть бути встановлені два манометри і запобіжний клапан. Штуцери для встановлення манометрів і запобіжного клапана необхідно розташовувати на кришках горловин, на тимчасових глушниках або в інших місцях, зручних для обслуговування.

11.5.3.6 Манометри повинні мати клас точності 1,5 – 2,5 і межі вимірювання на одну третину більші ніж випробувальний тиск. Ціна поділу шкали манометра повинна бути не більше 2 кПа.

11.5.3.7 При випробуванні зварні з’єднання підлягають дворазовій перевірці. Перша перевірка проводиться відразу після нанесення піноутворюючого (мильного) розчину; друга перевірка проводиться приблизно через 4 або 5 хвилин з метою виявлення незначних витоків, для проявлення яких потрібен був деякий час.

11.5.3.8 Конструкція вважається непроникною, якщо при змочуванні ППС на зварних швах і з'єднаннях не утворюються повітряні бульбашки і допустиме падіння тиску не перевищуватиме 5% на протязі 1 години витримування під тиском, не перевищуючим 15кПа.

11.5.4 Випробування поливанням струменем води

11.5.4.1 Випробування проводять за допомогою брандспойту. Діаметр насадки повинен бути не менше 12мм. Напір води в шлангу повинен забезпечувати висоту струменя щонайменше 10м.

11.5.4.2 Струмінь повинен бути спрямований перпендикулярно до поверхні, що випробовується, з відстані не більше 1,5м. Швидкість переміщення брандспойту не повинна перевищувати 0,2м/с.

За погодженням з Регістром відстань від ствола до поверхні, що випробовується, може бути збільшена до 3м.

11.5.4.3 Випробування поливанням струменем води, як правило, повинно проводитись за плюсової температури навколишнього повітря.

Випробування при мінусовій температурі, за погодженням з Регістром, можна проводити з використанням води, нагрітої до температури 40°C ÷ 70°C. При цьому ділянки конструкцій, що випробовуються, необхідно попередньо прогріти до температури вище 0°C.

11.5.4.4 Конструкції вважаються непроникними, якщо на контрольованій поверхні або з'єднанні не буде виявлено течі у вигляді струменя, потік, крапель та зволоження.

11.5.5 Випробування капілярним методом.

Випробуваннязварних з’єднань, за винятком зварних з’єднань внапуск, проводяться шляхом нанесення рідини з низьким поверхневим натягом (як приклад, гас) з однієї сторони межі відсіка.

З іншої сторони межі відсіка наносять крейдовий розчин. Рідина з низьким поверхневим натягом наноситься після висихання крейдового розчину.

По мірі стікання або висихання рідини, потрібно періодично змочувати рідиною зварні з’єднання.

Зварні з’єднання вважаються непроникними, якщо на контрольованій поверхні з нанесеним крейдовим розчином, по закінченню визначеного часу, не виявляються плями рідини (гасу), це може бути доказом непроникності меж відсіків.

Час витримування при випробуваннях капілярним методом визначають в залежності від товщини листа, який зварюється або катета шва і положення шва у просторі.

Нижне положення шва:
товщина листа або катет шва до 6мм – 40 хвилин;
товщина листа або катет шва 6мм - 24мм – 60 хвилин.

Вертикальне і горизонтальне положення шва:
товщина листа або катет шва до 6мм – 60 хвилин;
товщина листа або катет шва 6мм - 24мм – 90 хвилин.

Примітка.Час витримування подвоюють при проведенні:
випробувань при мінусових температурах;
випробувань зварних з'єднань з двохстороніми швами і суцільним проваром.

11.6 ВИПРОБУВАННЯ НЕМЕТАЛЕВОГО КОРПУСУ НА НЕПРОНИКНІСТЬ

11.6.1 Випробування суден з АВ-пластику, термопластику, дерева та армоцементу

11.6.1.1 Випробування наливом води

.1 Конструкції суден із пластику, армованого волокном, термопластику, дерева та армоцементу випробовуються наливом води відповідно до застосовних вимог **11.5.2**.

.2 Судна, які мають невеликі розміри та не мають поділу на відсіки, випробовуються наливом води усередину корпусу до рівня палуби надводного борту. Безпалубні судна, а також непроникні рецеси, випробовуються наливом води до рівня планширу/комінгсу.

.3 До початку випробувань для суден із пластику, армованого волокном, термопластику і дерева повинні бути завершені всі роботи з побудови корпусу, за винятком вирізування передбачених проектом отворів у зовнішній обшивці.

.4 Перед початком випробувань слід також переконатися, що міцність кондуктора/постілі, де був зібраний корпус судна, є достатньою, щоб витримати тиск від маси корпусу, заповненого водою.

11.6.1.2 Випробування поливанням струменем води

.1 Як альтернатива вимогам **11.6.1.1.2** непроникність зовнішньої обшивки корпусу судна може бути перевірена поливанням струменем води згідно з **11.5.4** з виконанням таких додаткових вимог:

• повинна бути виконана вимога **11.6.1.1.3**;
• корпус судна повинен бути перевернутий у положення оверкіль;
• поливанню струменем води піддається зовнішня обшивка;
• тривалість поливання одного квадратного метра поверхні зовнішньої обшивки повинна становити щонайменше 3 хвилини.

.2 До інших конструкцій, які згідно з табл. 11.5.1.2 випробовуються поливанням струменем води, застосовуються вимоги **11.5.4**.

11.6.1.3 Випробування надуванням повітря (крім армоцементу)

Випробування проводяться для таких конструкцій, як повітряні ящики, порожнисте перо стерна тощо. Випробувальний тиск для всіх конструкцій з АВ-пластику і термопластику встановлюється як для повітряних ящиків згідно з **3.4.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил. У інших випадках застосовуються вимоги **11.5.3.**

11.6.1.4 Випробування зануренням у воду

.1 В якості іншої альтернативи вимогам **11.6.1.1.2** непроникність зовнішньої обшивки корпусу судна може бути перевірена зануренням корпусу судна у воду до граничної лінії занурення, положення якої визначається згідно з **3.1.5** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

.2 До початку випробувань повинні бути завершені всі роботи з побудови корпусу, за винятком вирізування передбачених проектом отворів у зовнішній обшивці.

.3 Корпус спускається на воду, всередину нього укладається твердий баласт доти, доки судно не зануриться по граничну лінію занурення.

.4 Корпус судна слід оглянути через 1 годину після занурення по задану посадку. Зовнішня обшивка вважається непроникною, якщо на поверхні, що контактує з водою, не буде виявлено течі у вигляді струменя, потік, крапель і зволоження.

11.6.2 Випробування суден із надувним корпусом

Випробування на непроникність (герметичність) надувного корпусу проводиться при температурі 20° ± 3°С.

11.6.2.1 Надувний корпус із неармованого матеріалу

Герметичність перевіряється посередньо, по усадці матеріалу. Надувається окремо кожен відсік до тиску в 1,1 рази вище за номінальний при не надутих суміжних відсіках. Після досягнення випробувального тиску в кільцевому напрямку до поверхні відсіку прикладається смужка паперу довжиною 100мм, яка приклеюється по своїх кінцях. Смужка розрізається посередині.

Після витримки протягом 2 годин не повинно бути перекриття кінців паперу в місці розрізу.

11.6.2.2 Надувний корпус з армованого матеріалу

Випробування проводяться на надувному корпусі або на елементі тестування, підвішеному над землею або підлогою під навісом, що виключає прямі сонячні промені та протяги. Усі надувні відсіки (або елемент тестування) надуваються та витримуються протягом 30 хвилин при тиску на 20% вище робочого для попереднього його розтягування. Потім тиск повинен бути знижений до робочого. Записується температура та атмосферний тиск. Після 24 годин витримки зміна тиску у будь-якому відсіку не повинна перевищувати 20%. Різниця між початковою та кінцевою температурами навколишнього середовища не повинна перевищувати 3°С, а атмосферний тиск – ±1%. Для кожного підйому або спаду температури на 1°С вводиться поправка величиною 0,004бар (400Па), яка віднімається або додається до вимірюваного тиску наприкінці випробування.

11.7 ВИПРОБУВАННЯ КОРПУСІВ НА МІЦНІСТЬ

11.7.1 Випробування скиданням з висоти

Випробування проводиться для суден довжиною L_H < 6м з корпусами: металевим, дерев'яним, з АВ-пластику із обшивкою з одношарового ламінату та виготовленими із термопластиків, яка дозволяє оглянути внутрішні поверхні пластин, ребер жорсткості та інші конструкції після скидання.

11.7.1.1 Теоретичне обґрунтування

.1 Зовнішній тиск на обшивку судна під час хвилювання можна приблизно оцінити як динамічний тиск води, який діє на двовимірну модель. Вплив тиску на судно, що вільно падає у воду, може бути оцінено як вплив динамічного тиску для такої моделі.

.2 Наступні параметри приймаються до уваги:

• висота хвилі h;

• довжина хвилі (період хвилі) τ;

• ухил хвилі h/τ;

• відношення довжини хвилі до довжини судна τ/L_{WL};

• відношення висоти хвилі до довжини судна h/L_{WL}.

Оскільки прискорення від ударів об хвилі на швидкості судна мають зазвичай максимальне значення, для вищевказаних параметрів приймаються такі припущення:

$h/\tau = 1/20$; $\tau/L_{WL} = 2$; $h/L_{WL} = 0{,}1$.

11.7.1.2 Відносна швидкість удару

Для оцінки відносної швидкості удару об хвилі приймаються до уваги такі параметри:

• вертикальний фактор хвильового руху;

• вертикальний фактор при хитавиці;

• фактор вертикальної швидкості носа судна при крені відносно хвилі;

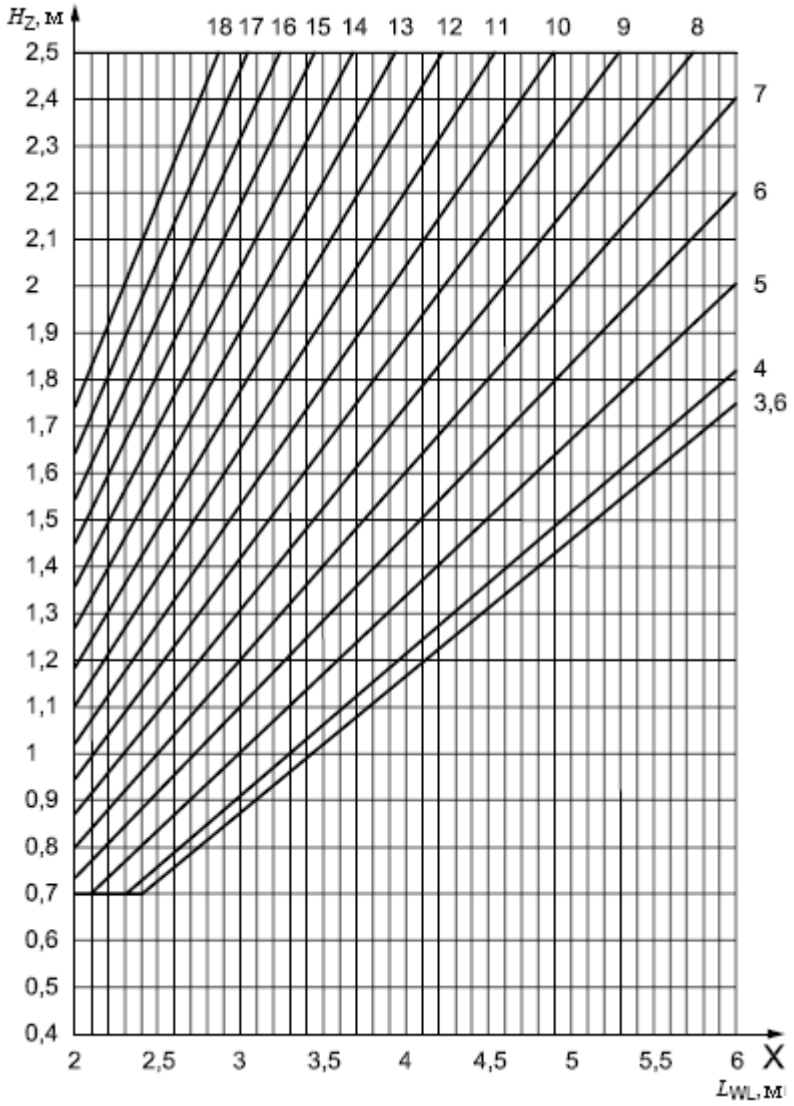
• диферент на корму 4°.

Враховуючи, що судно рухається на високій швидкості і може перебувати в повітрі протягом деякого часу, відірвавшись від гребня хвилі, і передбачається, що воно впаде на підошву хвилі.

Відносна швидкість удару для випробування скиданням з висоти може бути розрахована як еквівалентна швидкості судна в момент удару об підошву хвилі. З цих параметрів може бути визначена висота скидання судна.

11.7.1.3 Визначення висоти скидання

Випробування скиданням імітує ударне навантаження від хвилі на судно, яке рухається. Експериментальні дані представлені на графіку на рис. 11.7.1.3, який дозволяє визначити відповідну висоту скидання для конкретного судна із заданою швидкістю за певних умов хвилювання, як наведено в **11.7.1.2.**



Примітка. Цифри наприкінці кожної прямої лінії на графіку відповідають відношенню швидкості до довжини судна $v/\sqrt{L_{WL}}$.

Рис. 11.7.1.3 Визначення висоти скидання судна

11.7.1.4 Запас міцності

У вимогах цієї частини Правил запас міцності включений до допустимих напружень. При випробуванні скиданням запас міцності закладено в ударному навантаженні, яке судно витримує при скиданні з розрахункової висоти, і тому цим випробуванням передбачається охопити всі реальні умови експлуатації судна.

11.7.1.5 Втомна міцність

При визначенні розмірів елементів корпусу основними вимогами цієї частини Правил не враховується втомлена міцність. Тому є виправданим використовувати той самий підхід при випробуванні скиданням. Вважається, що міцність судна, яке витримало випробування скиданням, буде забезпечено протягом усього терміну експлуатації судна.

11.7.1.6 Процедура проведення випробування

.1 Судно піднімається на задану висоту H_Z, визначену за графіком на рис. 11.7.1.3 в залежності від відношення швидкості у вузлах до довжини судна в метрах, $v/\sqrt{L_{WL}}$.

Повинні бути виконані наступні умови:

• судно повинне перебувати у стані водотоннажності з повним вантажем m_{LDC}.

Маса максимальної кількості людей на борту та обладнання, яке може постраждати в результаті випробувань, може бути представлена масою баласту, що зберігає той самий розподіл навантаження по судну;

• кіль повинен бути приблизно паралельний поверхні води;

• висота хвиль на поверхні води під час проведення випробування не повинна перевищувати 0,1м.

.2 Судно звільняється від кріплення та скидається на воду.

.3 Судно підіймається на берег. Обшивка днища і борту, настил палуби, ребра жорсткості та внутрішні конструкції перевіряються:

• для АВ-пластику і термопластику – на наявність тріщини у ламінаті або у гелевому покритті чи у термопластику та можливе порушення з'єднань набору з обшивкою або пошкодження внутрішніх конструкцій;

• для іншого матеріалу – на наявність тріщини на внутрішній або зовнішній поверхні обшивки та пошкодження внутрішніх конструкцій.

Цифри наприкінці кожної прямої лінії на графіку рис. 11.7.1.3 відповідають відношенню швидкості до довжини судна $v/\sqrt{L_{WL}}$.

11.7.1.7 Оцінка результатів випробування

Судно вважається таким, що витримало випробування, якщо не виявлено пошкоджень, зазначених у **11.7.1.6.3.**

11.7.2 Випробування судна з надувним корпусом на міцність

11.7.2.1 Циклічні випробування надувних корпусів, виготовлених із неармованого матеріалу.

Випробування проводяться у 3 етапи:

1) Для кожних двох суміжних надувних відсіків проводиться почергове надування їх до тиску рівного 1,1 від номінального тиску (див. рис 11.7.2.1). Виконується 50 циклів надування.

2) Корпус надується до номінального тиску і залишається в такому положенні на 12 годин.

3) Повторюється 25 разів циклічне надування кожної пари суміжних балонів, як на 1 етапі випробувань.

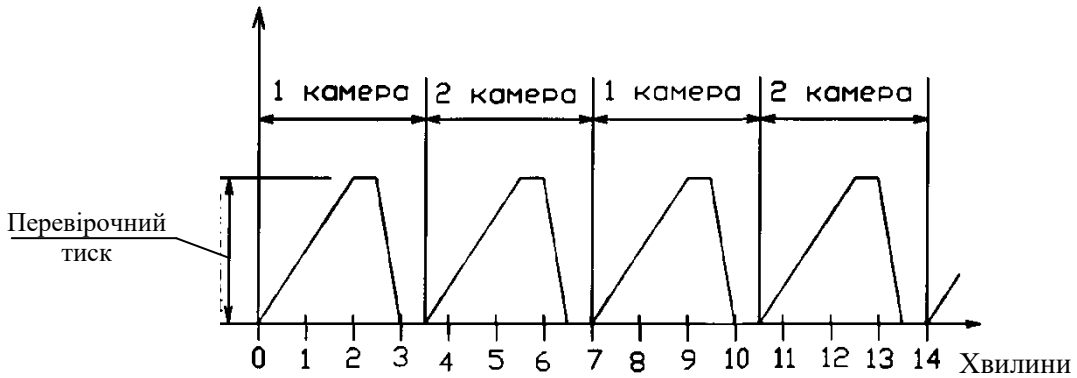


Рис. 11.7.2.1. Перевірка герметичності надувних відсіків, виготовлених з неармованих матеріалів.

11.7.2.2 Перевірка на надлишковий тиск корпусів, виготовлених з армованих матеріалів

Надується кожен надувний відсік до 1,5-кратного номінального тиску (при не надутих суміжних відсіках) і залишають у такому стані на 30 хвилин.

11.7.2.3 Випробування на термостійкість

а) Судна з надувним корпусом I ÷ VI типів:

Корпус роздувається до тиску в 1,1 рази більше за номінальний і поміщається в термокамеру при температурі 60°С на 6 годин. Після вивантаження та охолодження проводиться випробування корпусу на герметичність згідно з **11.6.2**.

б) Судна з надувним корпусом VII ÷ X типів:

Випробування проводиться на елементі тестування (балоні, що імітує надувний відсік) для полегшення тестування в термокамері. Елемент тестування повинен бути виготовлений тим самим способом і з тих самих матеріалів, що і надувний відсік. Клапани для надування повинні мати той самий діаметр.

Елемент тестування повинен мати мінімальну довжину:

для суден типів **VII** і **VIII** - 1,0м;

для суден типів **IX** і **X** - 1,45м.

Елемент тестування надувається до тиску у 1,2 рази вище за номінальний і поміщається в термокамеру при температурі 60°С на 6 годин. Після закінчення випробування елемент виймається з термокамери і, до проведення подальших випробувань, охолоджується до кімнатної температури. Далі елемент перевіряється на герметичність згідно з **11.6.2**.

11.7.3 Випробування на міцність судна з надувним та жорстким корпусом

11.7.3.1 Загальні положення

Проводиться лише типове випробування для суден із надувним корпусом **IX ÷ X** типів. Міцність надувного відсіку має першорядне значення для безпечної експлуатації судна. Міцність жорсткого корпусу повинна бути достатньою для використання відсіків за призначенням.

Метою цих випробувань є імітація в умовах побудови навантаження, з яким може зустрітися судно при нормальних умовах експлуатації. Тому після проведення випробувань відповідно до **11.7.3.3** не потрібно проводити випробування скиданням суден із висоти відповідно до **11.7.5**.

11.7.3.2 Вимоги

Система кріплення надувних відсіків і жорсткого корпусу повинна бути випробувана згідно з **11.7.3.3** або **11.7.3.4**.

Після закінчення випробувань не повинно бути видимих пошкоджень зразків жорсткого корпусу і з'єднання жорсткого та надувного корпусу, а також не повинно бути розривів у надувних відсіках.

11.7.3.3 Метод випробування А

.1 Зразок надувного відсіку закріплюють на зразку жорсткого корпусу. Мінімальна довжина обох зразків повинна становити 0,5м. Обидва елементи та їх з'єднання повинні точно відповідати конструкції корпусу реального судна з надувним корпусом.

.2 Метою даного випробування є імітація зусиль, що виникають у з'єднанні між жорстким корпусом та надувним відсіком у реальних умовах, коли судно з повним навантаженням скидається з висоти 3м за відсутності крену з наступним диферентом:

• горизонтально;

• з диферентом 45° до носу;

• із диферентом 45° до корми.

.3 Для моделювання використовується наступне обладнання і матеріали:

• вилочний навантажувач, здатний підняти випробуваний зразок на висоту 3м і витримати ривок скиданням випробувального вантажу з висоти;

• випробувальний вантаж або вантажі, трос завдовжки 3м та строп. Трос повинен міцно прикріплюватися до зразка жорсткого кріплення надувного відсіку, щоб протистояти ривку після скидання та вільного падіння вантажу з висоти 3м. Кріплення троса до вантажу повинно бути налаштоване таким чином, щоб і витримати ривок, і забезпечити легке звільнення вантажу з підвішеного стану (див. рис. 11.7.3.3);

• зразок надувного відсіку довжиною мінімум 0,5м, який може бути або надутий до номінального тиску або заповнений відповідним матеріалом малої щільності;

• зразок жорсткого корпусу або кокпіту довжиною, принаймні, рівною довжині зразка надувного відсіку, що має конструкцію, аналогічну тій, яка застосовується на судні.

Примітка. Інші жорсткі елементи, що представляють жорсткий корпус або кокпіт судна, що випробовується, також можуть встановлюватися;

• постіль або рама, які встановлюються на вила навантажувача і можуть підтримувати зразок каркасу та надувного відсіку під кутом 45°, що імітує диферент.

.4 Маса випробувального вантажу (вантажів) m_t, яка повинна використовуватися для випробування зразка надувного відсіку, довжина якого визначається виробником (мінімум 0,5м), визначається за такою формулою:

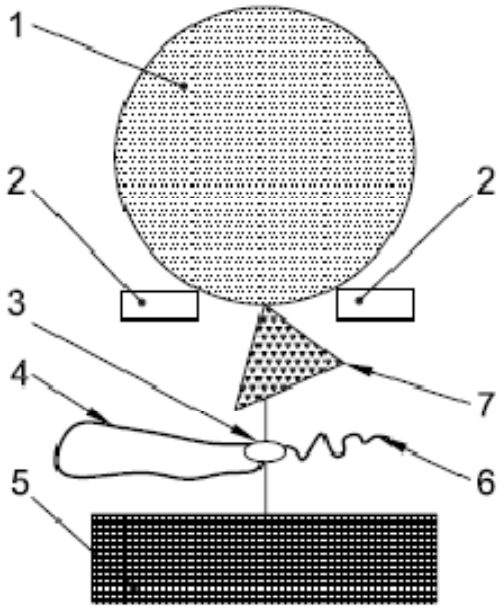
$$m_t = \frac{0,75 \cdot l_{STS} \cdot m_{LDC}}{L_T} \qquad (11.7.3.3.4)$$

де: l_{STS} - довжина зразка надувного відсіку, м;

L_T – загальна довжина надувних відсіків по периметру судна, м;

m_{LDC} – маса судна у повному вантажі, кг.

Приклад: для судна довжиною L_H = 10м, масою у повному вантажі m_{LDC} = 10000кг і готового до експлуатації, яке має загальну довжину надувних відсіків L_T = 20м, вимагається випробувальний вантаж m_t = 375кг, якщо довжина зразка надувного відсіку складає l_{STS} = 1,0м.



Позначення:
1 - зразок надувного відсіку; 2 - вила навантажувача; 3 - пристрої звільнення вантажу для падіння;
4 - трос довжиною 3м із згорнутою петлею; 5 - випробувальний вантаж;
6 – строп; 7 - зразок жорсткого корпусу

Рис. 11.7.3.3. Кріплення випробувального вантажу за методом випробувань А.

.5 Випробувальний вантаж (вантажі) прикріплюється до зразка жорсткого корпусу тросом, як показано на рис. 11.7.3.3 (якщо використовуються декілька вантажів, вони повинні бути рівномірно розташовані по довжині зразка досить далеко один від одного, щоб вони не торкалися один одного, при диференті в 45°).

.6 Зразок надувного відсіку і каркаса розташовуються горизонтально на вилах навантажувача таким чином, щоб кріплення стропа до жорсткого корпусу розташовувалося між зубцями вил.

.7 Зразок підіймається на висоту, яка дозволить забезпечити падіння випробувального вантажу з висоти 3м без удару вантажу об землю.

.8 смикають за строп, звільняючи вантаж (вантажі) для вільного падіння. Випробування повторюється для положення зразка при диференті: – 45° і +45°.

11.7.3.4 Метод випробування В

.1 Надаються два зразки, виготовлені з тих самих матеріалів, що й реальне судно: надувний відсік і жорсткий корпус/кокпіт. З'єднання надувного та жорсткого елементів повинно бути виконане таким самим способом, як і на судні (враховуються кріплення, матеріали, розміри) з утворенням конструкції довжиною 500мм.

.2 Зразок плавно стискається горизонтальною силою до руйнування (розриву) надувного відсіку. Якщо кріплення жорсткого корпусу до надувного відсіку та його конструкція не були пошкоджені аж до розриву балона, випробування вважається успішним. Не повинно спостерігатися також ніякого зміщення деталей жорсткого корпусу відносно надувного відсіку.

11.7.4 Випробування на міцність кріплення обладнання суден з надувним корпусом

11.7.4.1 Загальні положення

Проводиться лише типове випробування суден **VII ÷ X** типів. Міцність кріплення комплектуючих виробів має велике значення для безпеки експлуатації судна і повинна бути достатньою для використання за призначенням обладнання. Метою цього випробування є імітація навантажень, які можуть виникнути за нормальних умов експлуатації, та підтвердження, що комплектуючі вироби, які використовуються на судні, надійно закріплені до корпусу.

11.7.4.2 Вимоги

Системи кріплення деталей, таких як сидіння або колонка рульового керування, повинні випробовуватися виробником судна одним з видів випробувань згідно з **11.7.4.3** або **11.7.4.4**.

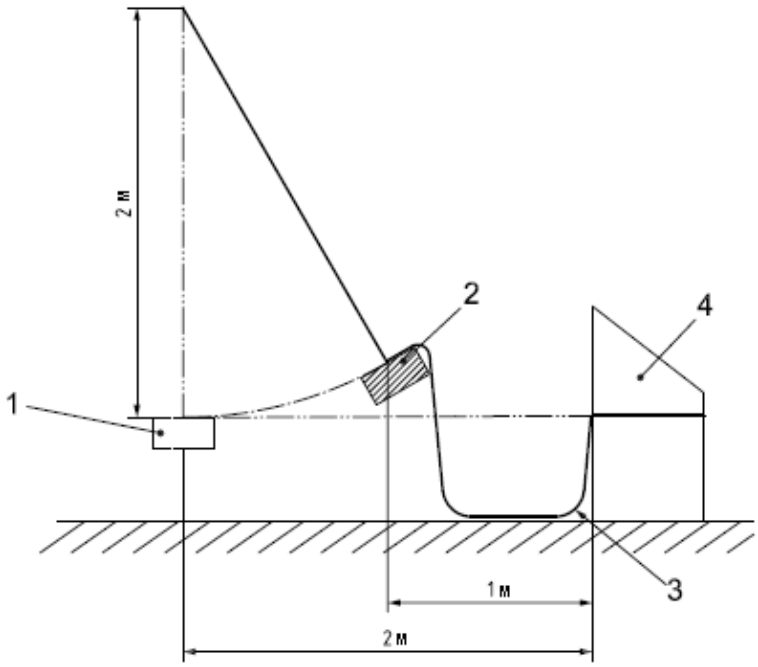
Після завершення випробування необхідно уважно оглянути системи кріплення та всі навколишні поверхні. Не повинно бути видимих пошкоджень.

11.7.4.3 Метод випробування А

Деталь готують для випробування шляхом встановлення її на судні або на дослідному зразку кокпіту, використовуючи той же спосіб кріплення, що і на судні. До деталі кріпиться дріт або полоса із пружинної сталі, вигнута за формою, показаною на рис. 11.7.4.3.

Підвішується випробувальний вантаж масою 225кг на тросі довжиною 2м так, щоб він був розташований, принаймні, на 2м у сторону від деталі, що випробовується, і на 1м від кінця дроту (полоси). По висоті вантаж повинен розташовуватися приблизно на рівні деталі, що випробовується. До вантажу прикріплюється строп довжиною 2м. Вантаж відтягують стропом у напрямку, протилежному деталі, що випробовується, і різко відпускають. Вантаж, вільно розгойдуючись, ударяє по дроту (полосі), вивертаючи таким чином деталь із кріплення до корпусу судна.

Випробування повинно проводитися з 4 напрямків: спереду та ззаду вздовж ДП, з лівого та з правого бортів.



Позначення: 1 - підвішений випробувальний вантаж; 2 - положення вантажу при ударі об дріт (полосу);
3 - дріт (полоса) із пружинної сталі, прикріплений до деталі, що випробовується;
4 - деталь, що випробовується (колонка рульового керування)

Рис. 11.7.4.3. Випробовування на міцність кріплення деталей обладнання методом А.

11.7.4.4 Метод випробування В

Підготовлюється строп достатньої довжини, який для випробування повинен мати діаметр 8мм і більше.

Деталь закріплюється на судні або на дослідному зразку кокпіту, використовуючи той самий спосіб, що і на судні. До деталі міцно прикріплюється строп.

Поступово збільшуючи навантаження, деталь відтягують стропом до досягнення зусилля в 2кН по черзі в шести напрямках: вгору і вниз, вперед і назад вздовж ДП, на лівий і правий борти. Час кожного випробування повинен становити 1 хвилину.

11.7.5 Випробування скиданням судна з надувним і жорстким корпусом

Судно завантажується найбільшим навантаженням, визначеним за проектом. Вага людей має імітуватися закріпленими вантажами з розрахунку 75кг на кожну дорослу людину та 37,5кг – на дитину.

Судно скидається 3 рази з висоти 2,0м, виміряної від нижньої точки судна до рівня води, із наступних положень:

а) горизонтального;

б) з диферентом 45° на ніс;

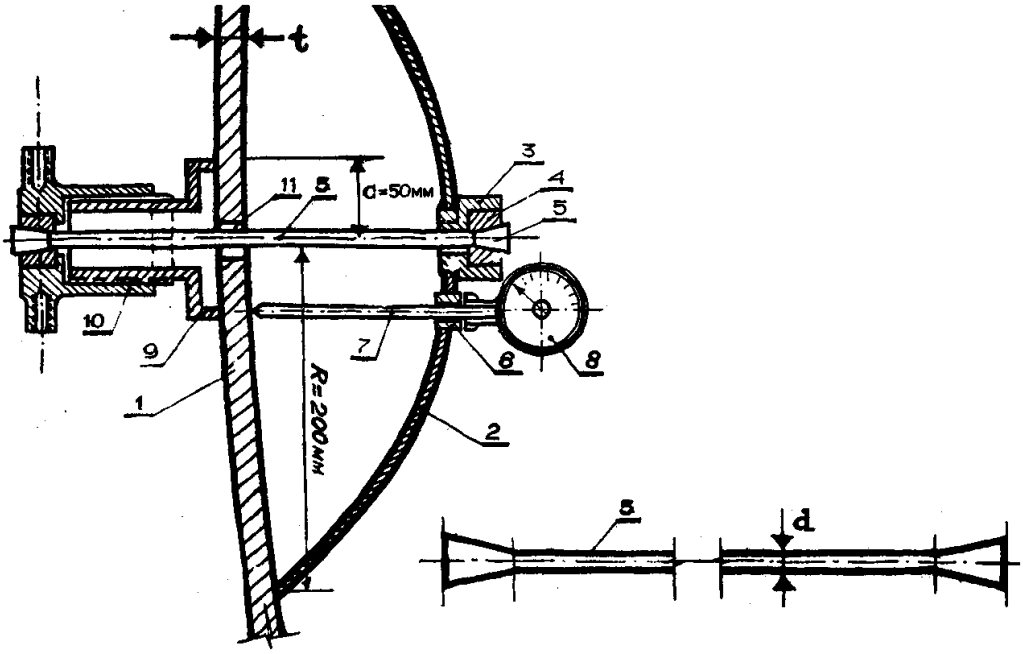
в) із диферентом 45° на корму.

Не повинно бути жодних руйнувань, тріщин, розривів після випробувань на будь-якій частині днища, бортів, палуби, транця, надувних відсіків.

Примітка. Це випробування може не проводитися для суден **IX** і **X** типів, якщо були проведені випробування згідно з **11.7.3**.

11.7.6 Випробування зовнішньої обшивки корпусу судна з армоцементу на вдавлювання

11.7.6.1 Випробування проводяться за допомогою пристрою, показаного на рис. 11.7.6.1.



Позначення: 1 – армоцементна обшивка товщиною *t*; 2 - сталевий опуклий диск; 3 - маточина; 4 – рознімна матриця; 5 - еталон із сталі з границею плинності σ_y= 235Н/мм^2 (при *t* = 16мм, *d* = 4,8мм; при *t* = 18мм, *d* = 5,3мм); 6 - отвір для встановлення індикатору; 7 – шток індикатора; 8 – індикатор; 9 - малий сталевий диск; 10 – гайка для створення напруження; 11 - отвір в армоцементній обшивці.

Рис. 11.7.6.1. Пристрій для випробування зовнішньої обшивки корпусу з армоцементу на вдавлювання

Процес випробування проводиться у наступній послідовності:

.1 На борту судна вибирається відносно плоска ділянка зовнішньої обшивки площею близько 0,2м^2, обидві сторони якої ретельно зачищаються.

.2 У центрі площадки свердлять отвір діаметром 16мм.

.3 Зсередини корпусу встановлюється великий диск (2), через маточину якого (3) і отвір у зовнішній обшивці (11) пропускається еталон (5), головка якого фіксується в гнізді маточини (3) рознімною матрицею (4).

.4 З зовнішньої сторони обшивки приставляється малий диск (9) натискного пристрою. Зовнішній кінець еталону (5) фіксується в гнізді віджимної гайки (10) такою самою розвідною матрицею (4). Еталон повинен бути відкалібрований за допомогою випробувань його дублікату на розривній лабораторній машині.

.5 Гайка (10) від руки вивертається, вибираючи слабини пристрою і еталону.

.6 Далі через втулку (6) великого диску (2) пропускається шток (7) індикатора (8), а останній нерухомо встановлюється на втулці (6).

.7 До початку випробувань стрілка індикатора (8) встановлюється на «О» положенні при щільному дотику штоку (7) зовнішньої обшивки.

.8 Повільно вивертаючи гайку (10) вліво, відзначають показання індикатора (8), до моменту початку плинності еталону. Вивертання гайки (10) триває до розриву еталону (5).

.9 За показанням індикатора ведеться ретельне спостереження і запис у таблицю. Особливо слід звернути увагу на показання стрілки до 1 міліметра деформації.

.10 Якщо виявляються мікротріщини, випробування повторюються в 3^x - 4^x інших місцях.

У випадку позитивних результатів наступних випробувань результат першого випробування не враховується.

.11 Після розриву еталону пристрій знімається і район, що випробовується, ретельно обстежують для виявлення мікротріщини.

.12 Отвір та тріщини зашпаровуються.

.13 Результати випробувань записуються до протоколу.

.14 Зусилля випробування повинні відповідати допустимим напруженням згідно з **9.6.3.**

11.7.7 Випробування корпусу судна з армоцементу на міцність

На розсуд організації, яка дає висновок про достатню міцність судна з армоцементу, можуть бути проведені також додаткові випробування:

а) судно, що лежить на борту на горизонтальній поверхні, ставлять на рівний кіль за нижні вантпутенси, повертаючи навколо кіля;

б) судно, що стоїть на рівному кілі, закріплюють і заливають один із відсіків водою до конструктивної ватерлінії. Прогини окремих елементів і всієї конструкції в цілому повинні бути не більше ніж 1/300 прийнятої довжини прогону або консолі.

11.7.8 Випробування корпусу водного мотоцикла

11.7.8.1 Метод випробування

Водний мотоцикл повинен бути випробуваний скиданням з висоти за методикою, описаною в **11.7.1**.

11.7.8.2 Процедура випробування

Водний мотоцикл завантажується рекомендованим максимальним навантаженням, включаючи заповнення цистерн. Розподіл цього навантаження повинен відображати розміщення рульовогоі пасажирів (за наявності). Завантажений водний мотоцикл піднімається на висоту 2,5м, зберігаючи його горизонтальне положення і потім скидається на воду. Висота вимірюється від поверхні тихої води до нижньої точки днища.

11.7.8.3 Вимоги

Під час огляду після скидання не повинно спостерігатись жодних структурних ушкоджень у вигляді переломів, тріщини, розривів, відокремлення частин, тощо, на будь-якій частині корпусу чи обладнання водного мотоцикла, наприклад, на палубі.

ДОДАТОК А

СПРОЩЕНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ОБШИВКИ КОРПУСУ

А.1 АЛЬТЕРНАТИВНИЙ МЕТОД ДЛЯ ВІТРИЛЬНИХ СУДЕН ПРИБЕРЕЖНИХ 2 ÷ 5 РАЙОНІВ ПЛАВАННЯ З НАЙБІЛЬШОЮ ДОВЖИНОЮ L_H < 9м

А.1.1 Загальні положення

Метод може використовуватися як альтернатива для розрахунку розмірів елементів корпусу вітрильних суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання з найбільшою довжиною L_H менше 9м. Таким чином можна визначити розміри таких елементів конструкцій:

одношарових і тришарових з склопластику, сталі, алюмінієвих сплавів та з фанери або рейкової обшивки.

Метод дозволяє зробити спрощений розрахунок товщини пластин обшивки вітрильних суден та відкритих суден, і не призначений для крейсерських суден з каютами.

У Додатку немає положень щодо розрахунку елементів ребер жорсткості. Для такого розрахунку слід використовувати повний метод цієї частини Правил (див. розділ **3**) як для пластин, так і для елементів жорсткості.

А.1.2 Визначення товщини пластин ламінату

Необхідна товщина пластин визначається для стандартного ламінату за формулою, мм:

$$t_r = 0,5 \times m_{LDC}{}^{0,33} \times \frac{b}{400} \times k_C \times k_{LDC} \times k_r \qquad (A.1.2)$$

де: b – фактична ширина пластини, мм;

$k_C = 1,1 - 3,3(c/b)$, але повинен прийматися не менше 0,5 і не більше 1,0;
c – стрілка прогину пластини (див. рис. А.1);
k_{LDC} = 1,0 – для обшивки днища, k_{LDC} = 0,75 – для верхніх конструкцій корпусу і k_{LDC} = 0,6 – для палуби;

$k_r = 0,54 + 0,23\frac{l}{b}$, але повинен прийматися не менше 0,77 і не більше 1,0;

l – більша сторона пластини, мм.

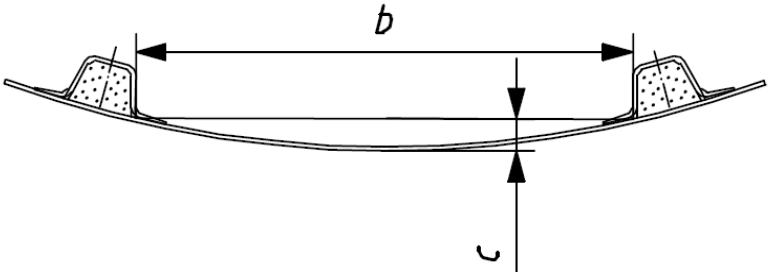


Рис. А.1. Вимірювання стрілки прогину пластини

Отримане значення відповідає товщині стандартного ламінату з одношарового склопластику (з мату на основі Е-скла в поліефірній смолі) і вмістом скла в масі ламінату ψ= 30%, із значенням σ_{uf} = 134Н/мм^2, E = 5200Н /мм^2. Ця товщина з міліметрів перетворюється на масу армуючих волокон, кг/м^2, шляхом множення значення товщини на 0,43.

Для ламінату з Е-скла, що складається з ровінгової тканини, мультиаксіальної тканини, тощо, необхідна товщина повинна бути відкоригована відповідно до **А.2.2**.

Поправки для тришарових ламінатів на основі Е-скла з пінопластом, як матеріалу заповнювача, визначаються згідно з **А.2.3**. Для тришарових конструкцій судна, яке легкодоступне для підйому та огляду корпусу після зіткнення, вимоги до мінімальної масиармуючих волокон в

оболонках тришарової конструкції, згідно з **3.3.5.6,** не поширюються на вітрильні судна, які оцінюються за допомогою цього методу.

Поправки до товщини обшивки із сталі, алюмінієвого сплаву, фанери, рейкової обшивки з покриттям склопластиком визначаються згідно з **А.2.4**.

А.2 ПОПРАВКИ ДО ТОВЩИНИ ОБШИВКИ ДЛЯ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

А.2.1 Загальні положення

Нижче наведені поправки, які застосовуються до матеріалів, відмінних від стандартних, що застосовуються.

А.2.2 Склопластик на основі Е-скла

А.2.2.1 Одношаровий ламінат

Для матів з рубаного скла (CSM-матів), отриманих напиленням або ручним формуванням, не потрібно жодних поправок.

Для інших ламінатів на основі Е-скла необхідна товщина повинна бути отримана шляхом множення товщини стандартного ламінату, отриманої за формулою (А.1.2), на відповідний коефіцієнт, який приймається за табл. А.1. Для суден, при побудові яких використовують композитний ламінат, механічні властивості матеріалів якого відрізняються більш ніж на 20% один від одного в кожному з головних напрямків, повинен застосовуватися повний метод цієї частини Правил з урахуванням вимог **Додатку Е** цієї частини Правил.

Для отримання маси скла в ламінаті *w,* в кг/м^2,необхідно помножити товщину стандартного ламінату, отриману за формулою (А.1.2), на поправочний коефіцієнт маси скла, наведений в стовбці 3 табл. А.1, відповідно до типу матеріалу шару із стовбця 1.

А.2.2.2 Одношаровий ламінат з використанням матеріалу заповнювача

Заповнювач з матеріалу, який має границю міцності при зсуві більше 3,25Н/мм^2, наприклад, полотно або повсть, які просочені сполучною, може бути використаний у середньому шарі одношарового ламінату з склопластику за умови збільшення загальної товщини комбінованого матеріалу, отриманої за формулою (А.1.2) на:

• 15%, якщо товщина заповнювача становить не більше 33% від загальної товщини ламінату;

• 30%, якщо товщина заповнювача становить не більше 50% від загальної товщини ламінату.

Таблиця А.1 **Значення поправочних коефіцієнтів для товщини та маси скла у ламінаті**

Структура ламінату	Коефіцієнт для товщини $t/t_г$	Коефіцієнт для маси скла $w/t_г$
1	**2**	**3**
Комбінація мата і ровінгової тканини **CSM/WR**	0,9	0,51
Ровінгова або мультиаксіальна тканина	0,8	0,64

***ПРИКЛАД*:** якщо товщина $t_г$ = 5мм і для побудови судна використовується ровінгова тканина і мат, поправочний коефіцієнтдля товщини становить 0,9. Отримана товщина становить $t = 5 \cdot 0{,}9 =$ 4,5мм. Поправочний коефіцієнт для маси скла становить 0,51. Отримана маса сухих волокон становить $w = 5 \cdot 0{,}51 = 2{,}55$кг/м^2.

Примітка. Отримана маса армуючих волокон виходить більше, ніж для стандартного ламінату, оскільки отриманий ламінат тонше та легше і, тому, містить меншу кількість сполучної смоли.

А.2.3 Тришарові панелі

Товщина настилу палуби і верхніх одношарових конструкцій корпусу може бути перетворена в еквівалентну товщину тришарових конструкцій за допомогою цього методу, але його не можна застосовувати для пластин обшивки днища. Якщо потрібно зробити розрахунок для тришарової обшивки днища, необхідно використати повний метод цієї частини Правил.

Поправки застосовуються наступним чином:

• значення l/b повинно визначатися згідно з **А.1** або **А.2,** в залежності від застосовності;

• значення l/b слід помножити на довжину непідтримуваної меншої сторони тришарової пластини b в мм, що дає значення необхідної товщини $t_г$, яка виходить значно товще, ніж для одношарового ламінату;

• маса армуючих волокон зовнішньої оболонки w_{OS}, в кг/м^2, повинна визначатися методом, наведеному в **А.2.2.1**.

На наступному етапі слід визначити товщину шару наповнювача t_C. Найбільш поширеними матеріалами заповнювача є:

• полівінілхлоридний пінопласт (ПВХ) з мінімальною щільністю 80кг/м^3;

• бальса, покладена поперек волокон, з мінімальною щільністю 144кг/м^3.

Після визначення маси w_{OS}, мінімальна товщина заповнювача t_C, в мм, повинна прийматися більшою із визначеною за формулами (А.2.3-1) ÷ (А.2.3-4), в залежності від $t_г$ та інших параметрів:

$$t_{C\,MIN} = \frac{4400 \times t_г^3}{b^2}$$, для бальзи поперек волокон, або (А.2.3–1)

$$t_{C\,MIN} = \frac{11000 \times t_г^3}{b^2}$$, для ПВХ, а також (А.2.3-2)

$$t_{C\,MIN} = \frac{0,266 \times t_г^{1,5}}{\sqrt{w_{OS}}}$$, або (А.2.3-3)

$$t_{C\,MIN} = \frac{11 \times t_г^3}{b \times w_{OS}}$$. (А.2.3-4)

де: $t_г$–необхідна товщина стандартного ламінату, отримана з **А.1** ÷ **А.2**, мм;
b – менший розмір пластини, яка не підтримується ребром жорсткості, мм.

Ці формули ґрунтуються на припущенні, що маса армуючих волокон у ламінаті внутрішньої оболонки становить не менше 70% маси у зовнішній оболонці.

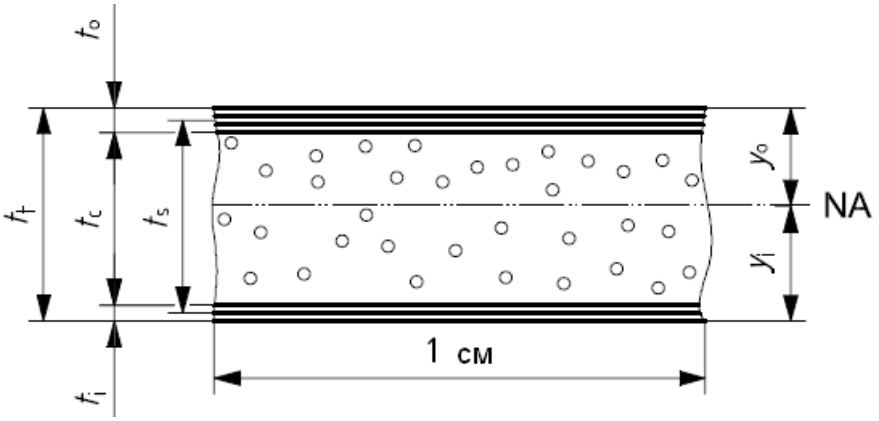


Рис. А.2. Ескіз тришарової панелі

А.2.4 Пластини з металу та дерева

Товщина фактично використовуваного матеріалу повинна бути одержана шляхом множення товщини стандартного ламінату, отриманої за формулою (А.1.2), на відповідний коефіцієнт з табл. А.2.

Таблиця А.2 **Коефіцієнти корекції товщини для металу і дерева**

Матеріал	Значення
1	2
Алюмінієвий сплав	0,7
Суднобудівельна сталь	0,56
Фанера, захищена гелькоутом	2,1
Рейкова обшивка, покрита склопластиком	2,5

Після введення поправки, значення товщини не підлягає подальшій корекції.

ДОДАТОК В
РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ТРИШАРОВОЇ ПАНЕЛІ

В.1 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАПОВНЮВАЧА ТРИШАРОВОЇ ПАНЕЛІ

В.1.1 Загальні положення

Рекомендується використовувати матеріали для заповнювача, які пройшли випробування будівельником судна або виготовлювачем матеріалу. У цьому випадку повинен бути виданий сертифікат випробувань відповідно до **В.1.2**.

В інших випадках повинні використовуватися значення за замовчуванням згідно з **В.1.3.**

В.1.2 Механічні властивості матеріалів заповнювача, що випробовуються

Якщо механічні властивості, що використовуються для розрахунку розмірів елементів корпусу, ґрунтуються на випробуваннях, ці випробування повинні проводитись відповідно до стандартів, схвалених або визнаних Регістром. Зразок повинен представляти використовуваний продукт (матеріал корпусу, який виготовляється).

Для визначення механічних властивостей матеріалу заповнювача можуть застосовуватись такі стандарти:

- для щільності: ДСТУ EN ISO 845 «Поропласти та пориста гума. Метод визначення уявної щільності»;
- для дотичних напружень:ISO 1922 «Жорсткі пористі пластики - Визначення міцності при зсуві»;
- для модуля пружності на зсув: ASTM C393 «Стандартний метод випробувань основних властивостей при зсуві тришарових конструкцій методом вигину балки»;
- для границі міцності при стисненні та для модуля нормальної пружності: ДСТУ EN ISO 844 «Жорсткий пористий пластик. Визначення властивостей стиснення».

Допустимі значення властивостей повинні бути прийняті рівними 85% від середнього значення або як середнє значення мінус два стандартних відхилення, в залежності від того, що менше, але не повинні прийматися менше, ніж мінімальне значення (тобто найменше значення, яке отримане при випробуванні всіх зразків).

В.1.3 Властивості матеріалу заповнювача, який не пройшов випробування

Якщо механічні властивості заповнювача тришарової панелі не були перевірені при випробуванні, відповідні значення повинні бути прийняті з **Додатка С** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Механічні властивості не слід приймати нижче за мінімальні значення, заявлені виготовлювачем матеріалу. У той же час більшість матеріалів заповнювача можуть мати значні коливання щільності, що безпосередньо впливатиме на їх механічні властивості.

Примітка. З'єднання оболонок і заповнювача склеюванням або формуванням із застосуванням пінопласту щільністю понад 120 ÷ 150кг/м^3 може спричинити утруднення. Тому слід ретельно витримувати всі технологічні процедури для досягнення необхідної якості.

В.2 ФОРМУЛИ ДЛЯ ТРИШАРОВИХ ПАНЕЛЕЙ

В.2.1 Загальні положення

Заповнювач вважається неефективним при передачі будь-якого згинального моменту, але здатний добре передавати зусилля зсуву.

В.2.2 Формули для полоси тришарової панелі товщиною 1см

(позначення див. рис. А.2 **Додатку А** цієї частини Правил).

Загальна товщина тришарової панелі, мм, визначається за формулою:

$$t_t = t_c + t_o + t_i \qquad \text{(В.2.2-1)}$$

Відстань між серединами товщин оболонок, мм:

$$t_S = t_C + \frac{(t_o + t_i)}{2} \qquad \text{(В.2.2-2)}$$

Відстань дальньої сторони зовнішньої оболонки від нейтральної осі, мм:

$$y_o = \frac{t_i \times t_S}{t_i + t_o} + \frac{t_o}{2} \qquad \text{(В.2.2-3)}$$

Відстань дальньої сторони внутрішньої оболонки від нейтральної осі, мм:

$$y_i = \frac{t_o \times t_S}{t_i + t_o} + \frac{t_i}{2} \qquad \text{(В.2.2-4)}$$

Момент інерції на 1см ширини, см^4/см:

$$I = \{[(t_o \cdot t_i \cdot t_s^2)/(t_o + t_i)] + (t_o^3 + t_i^3)/12\} \cdot 10^{-3} \qquad \text{(В.2.2-5)}$$

Момент опору зовнішньої оболонки на 1см ширини, см^3/см:

$$W_o = \frac{10 \times I}{y_o} \qquad \text{(В.2.2-6)}$$

Момент опору внутрішньої оболонки на 1см ширини, см^3/см:

$$W_i = \frac{10 \times I}{y_i} \qquad \text{(В.2.2-7)}$$

де: t_o і t_i - товщини зовнішньої та внутрішньої оболонок тришарової панелі відповідно, мм;
t_C - товщина заповнювача, мм.

В.2.3 Наближені значення моментів опору та моментів інерції

$$W_o = \frac{t_C \times t_o}{100}, \text{ і } W_i = \frac{t_C \times t_i}{100}, \text{ см}^3\text{/см} \qquad \text{(В.2.3-1)}$$

$$I = \frac{t_o \times t_i \times t_S^2}{1000 \times (t_o + t_i)}, \text{ см}^4\text{/см} \qquad \text{(В.2.3-2)}$$

Наближені значення, отримані з наведених вище формул, дійсні тільки, якщо зовнішня та внутрішня оболонки зроблені з одного матеріалу, який маєоднорідні властивості, та при $t_i \geq 0{,}7t_o$.

В.2.4 Формули для симетричних тришарових панелей

$$W = \frac{t_C \times t}{100}, \text{ см}^3\text{/см} \qquad \text{(В.2.4-1)}$$

$$I = \frac{t \times t_S^2}{2000}, \text{ см}^4\text{/см} \qquad \text{(В.2.4-2)}$$

де: $t = t_o = t_i$ - товщина оболонки, мм.

В.3 ПРИБЛИЖЕНИЙ РОЗРАХУНОК ТРИШАРОВИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА ТАБЛИЦЯМИ І ГРАФІКАМИ

Момент опору *W,* см^3/см, наведено у табл. В.1 і на рис. В.1.
Момент інерції *I,* см^4/см, наведено у табл. В.2 і на рис. В.2.
Графіки і таблиці цього Додатку є наслідком обчислень за формулами (В.2.4-1) і (В.2.4-2).

Таблиця В.1 **Наближені значення моменту опору симетричної тришарової панелі, см^3/см**

Товщина заповнювача, мм	Товщина кожної з оболонок, мм							
	1	2	3	4	5	6	7	8
12	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60			
16	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96		
20	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
24	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92
28	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24
32	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56
36	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	2,16	2,52	2,88
40	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20

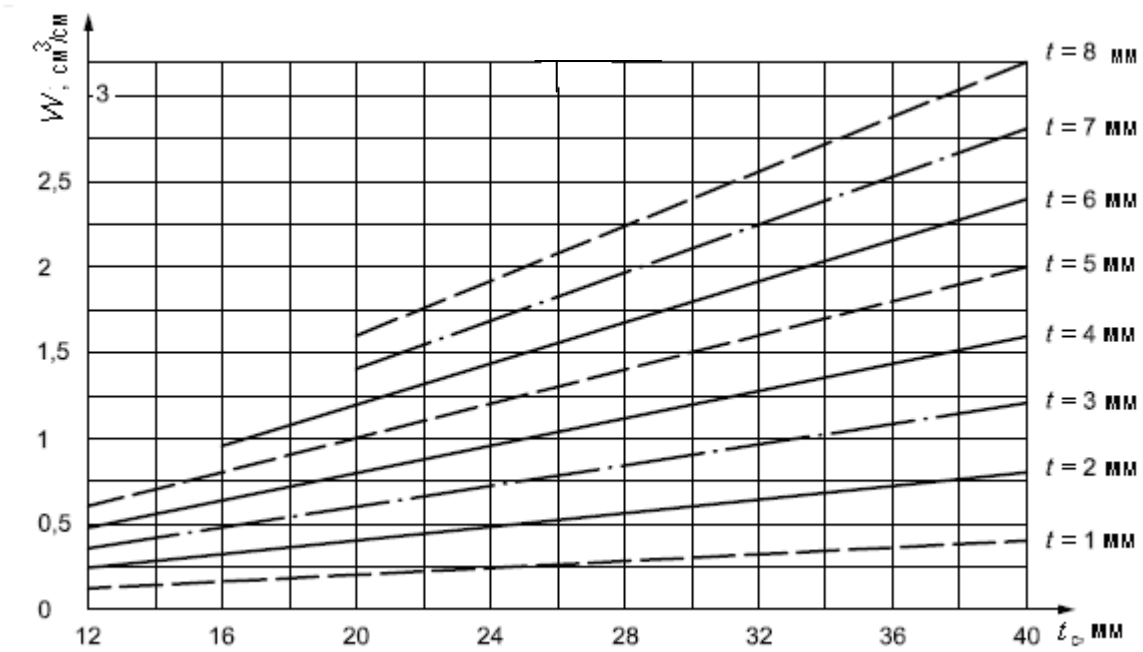


Рис. В.1. Графік визначення моменту опору *W* (см^3/см) для симетричної тришарової панелі в залежності від розмірів тришарової панелі

Таблиця В.2 **Наближені значення моменту інерції симетричної тришарової панелі, см^4/см**

Товщина заповнювача, мм	Товщина кожної з оболонок, мм							
	1	2	3	4	5	6	7	8
12	0,08	0,20	0,34	0,51	0,72			
16	0,14	0,32	0,54	0,80	1,10	1,45		
20	0,22	0,48	0,79	1,15	1,56	2,03	2,55	3,14
24	0,31	0,68	1,09	1,57	2,10	2,70	3,36	4,10
28	0,42	0,90	1,44	2,05	2,72	3,47	4,29	5,18
32	0,54	1,16	1,84	2,59	3,42	4,33	5,32	6,40
36	0,68	1,44	2,28	3,20	4,20	5,29	6,47	7,74
40	0,84	1,76	2,77	3,87	5,06	6,35	7,73	9,22

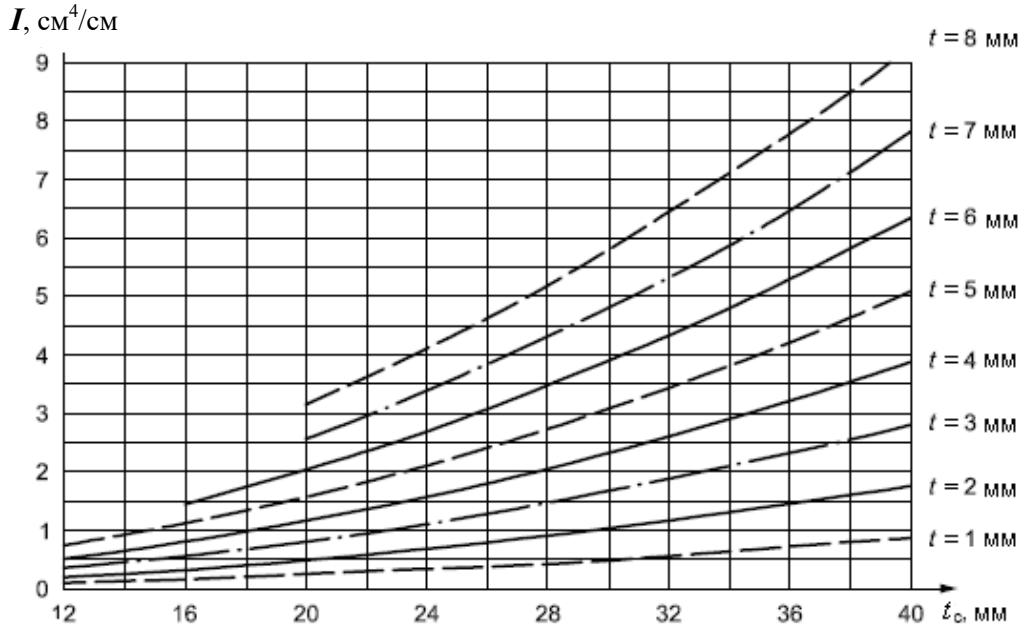


Рис. В.2. Графік визначення моменту інерції I (см^4/см) для симетричної тришарової панелі залежно від розмірів тришарової панелі

ДОДАТОК С

ЛАМІНОВАНА ДЕРЕВИНА. ВЛАСТИВОСТІ І РОЗРАХУНКИ

С.1 ЛАМІНОВАНА ДЕРЕВИНА

С.1.1 Загальні положення

Вимоги цього Додатку поширюються на три типи конструкцій з ламінованої деревини - фанеру (див. **С.1.2**), формований за місцем шпон (див. **С.1.3**) і рейкову обшивку (див. **С.1.4**).

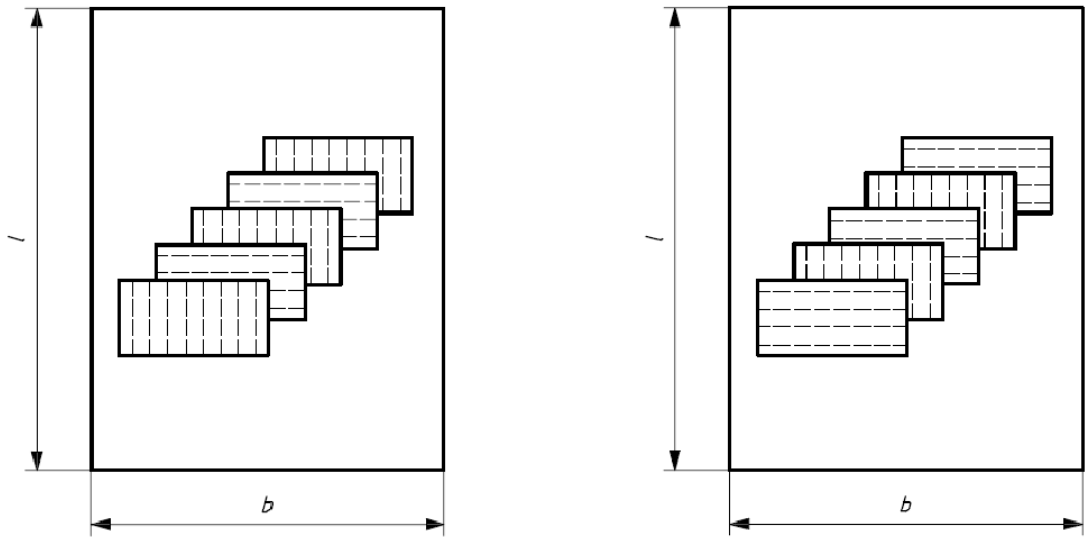
У кожному випадку шари дерева повинні бути з'єднані конструкційним клеєм і на стадії виготовлення деревина повинна бути надійно оброблена для довгострокового захисту від проникнення вологи.

Склотканина щільністю (масою армуючих волокон) від 0,2кг/м^2 до 0,3кг/м^2 зазвичай використовується для захисту деревини зовні. Замість склотканини можна використовувати три шари склосітки. Збільшення маси армуючих волокон не потрібне, якщо покриття не враховується в розрахунку міцності пластини згідно з **Додатком Е** цієї частини Правил. Конструкції із заповнювачем з дерева та з композитними оболонками, які відрізняються від наведених в **3.3.4**, не включені в цей Додаток (див. у **Додатку Е** цієї частини Правил дані про структурно ефективний заповнювач, тобто про конструкцію, яка не є тришаровою).

На рисунках, наведених нижче, позначення *b* відповідає короткій стороні пластини.

С.1.2 Фанера

Шари шпону (мінімум 5) поперемінно перпендикулярно - орієнтовані і зазвичай розташовані так, щоб волокна зовнішнього шару розташовувалися паралельно або перпендикулярно сторонам листа (пластини).

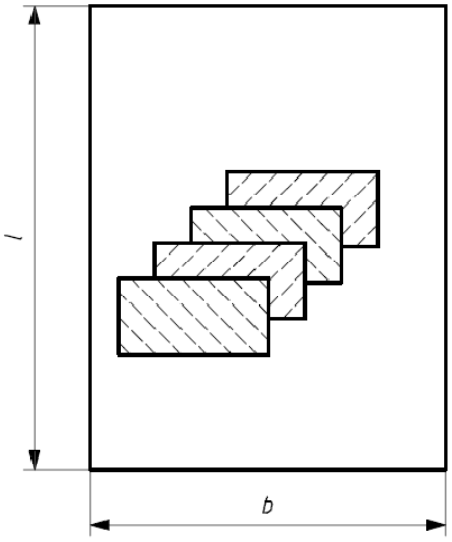


Зовнішній шар перпендикулярний *b* Зовнішній шар паралельний *b*

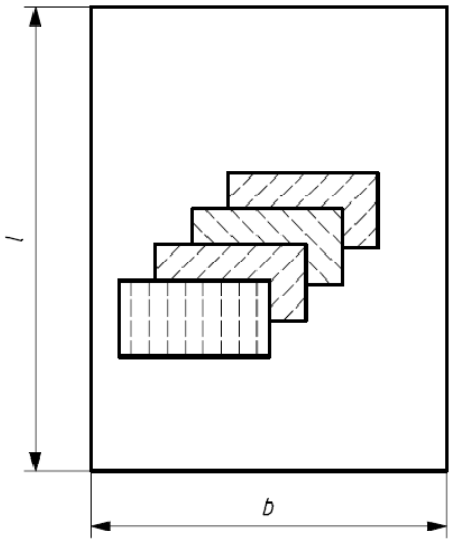
Рис. С.1. Лист фанери з 5-ти шарів. Орієнтація шарів

С.1.3 Обшивка зі шпону, сформованого за місцем

Цей тип пластин отримується при холодному формуванні обшивки корпусу у постілі, щонайменше, з трьох шарів шпону, орієнтованих під кутом ± 45° до сторін пластини. Зовнішній шар шпону може розташовуватися паралельно або перпендикулярно до сторони пластини *b*.



Усі шари розташовані під кутом ± 45° до сторони пластини *b*



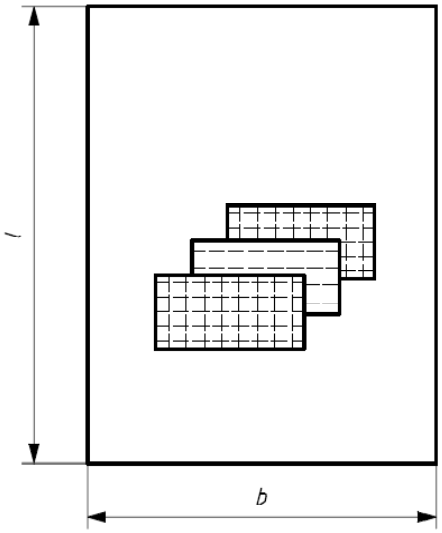
Усі шари, крім останнього, розташовані під кутом ± 45°до сторони пластини *b*

Рис. С.2. Орієнтація шарів формованого шпону

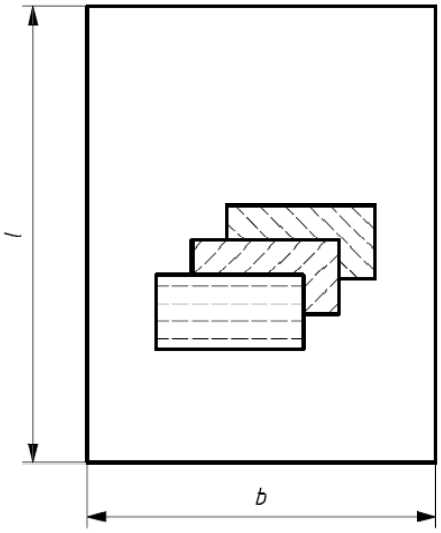
С.1.4 Рейкова обшивка

Така обшивка складається з рейок, набраних на ребро або встик. Зазвичай рейки застосовуються для зовнішньої обшивки в носовій і кормовій частинах судна та підтримуються поперечними шпангоутами. Рейкова обшивка може обклеюватися ззовні шарами шпону під кутом ± 45°.

Для всієї деревини, окрім рейок, які захищені зсередини та ззовні ламінатом із склопластику товщиною 1мм (масою волокон 0,8кг/м^2), вимога до товщини за формулою (3.3.4.2) стосується лише загальної товщини деревини (рейок і шпону). Товщина склотканини або іншого покриття не враховується.



Склопластик товщиною 1мм (0,8кг/м^2) зовні і зсередини рейкова обшивка



Два шари шпону під кутом ± 45° і зовні рейкова обшивка

Рис. С.3. Рейкова обшивка з підсиленням склопластиком або шпоном

С.2 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАМІНОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

С.2.1 Властивості, які випробовуються

Якщо механічні властивості, що використовуються для визначення розмірів в'язей корпусу, визначаються за результатами випробувань, то ці випробування повинні проводитись відповідно до стандартів, схвалених або визнаних Регістром. Випробування повинні проводитись на невеликих зразках, з прямими волокнами і розташуванням шарів в тій же послідовності, що і в конструкції корпусу. Значення σ_{uf}, яке використовується в розрахунках, повинне становити 80% від середнього значення або границі міцності мінус два стандартні відхилення, в залежності від того, що менше.

С.2.2 Властивості, якіневипробовуються

Значення σ_{uf} повинно бути отримано:

• з даних виробника (гарантовані мінімальні значення);

• використанням значення 80% від даних виробників для типової клеєної фанери;

• з розрахунку пакета ламінату, якщо розрахунок підтверджується даними попередніх випробувань (див. **Додаток Е** цієї частини Правил), і при цьому значення механічних властивостей кожного шару повинні бути прийняті як не більше 80% від середнього;

• використанням формул, наведених у табл. С.2, С.4, і значень табл. С.5 для усіх трьох типів конструкцій з дерева (значення механічних властивостей деревини, підставляються з табл. С.1);

• використанням формул, наведених у табл. С.3 (або розрахункових значень у табл. С.6), які використовуються для характеристик фанери по вільній кромці.

Механічні властивості невипробуваної базової деревини, яка використовується в розрахунках розмірів елементів корпусу, повинні прийматися за табл. С.1. Значення, які наведені у табл. С.1 відповідають 80% від середніх значень, отриманих при випробуванні невеликих, по суті, бездефектних зразків. Повинні використовуватися значення допустимих напружень з табл. 3.3.4.1.

Механічні властивості пластин, що не випробовуються: обшивки зі шпону, сформованого за місцем, і рейкової обшивки повинні прийматися за табл. С.2 та розраховуватися для типових випадків за таблицями С.3 та С.4.

Якщо фанера або клеєна деревина використовується для стінок (шпангоутів або рамних бімсів з'єднувального моста багатокорпусних суден), важливо визначити допустиме дотичне напруження. Границя міцності при зрушенні в площині листа фанери (по кромці) або пластин з холодноформованого шпону (з шарами ± 45°) у напрямку під кутом іншим, ніж 0/90°, приймається за табл. С.3.

Слід пам'ятати, що втрата стійкості стінок при зсуві є найбільш критичним випадком.

У табл. С.2 наведені дані для фанери або пластин шпону, сформованого за місцем (мається на увазі вигин пластин обшивки під дією зовнішнього тиску).

У табл. С.4 і С.5 наведено табличні значення властивостей, які розраховуються за формулами з табл. С.2.

У табл. С.3 наводяться механічні властивості фанери по кромці (мається на увазі вигин шпангоуту або перегородки під зовнішнім навантаженням).

У табл. С.6 наведено табличні значення, що розраховуються за формулами з табл. С.3.

Таблиця С.1 **Механічні властивості типових порід деревини**

Порода		**Щільність**	**Властивості уздовж волокон**		
М'яка деревина		ρ	$\sigma_{uf//}$	$\sigma_{uc//}$	$\tau_{u//}$
Торгова назва	**Наукова назва**	**кг/м^3**	**Н/мм^2**	**Н/мм^2**	**Н/мм^2**
Ялиця Дуглас	Pseudotsugamenziesii	520	74	41	8,9
Модрина європейська	Larixdecidua	545	74	37	9,8
Сосна жовта	Pinusstrobus	433	64	34	7,5
Кедр західний червоний	Thujaplicata	368	52	28	6,8
Червоне дерево Балтік	Pinussylvestris	481	67	36	9,1
Ялина європейська	Piceaabies	400	52	28	7,6
Ялина Сітка	Piceastitchensis	384	53	29	6,9
Інша м'яка деревина		ρ	0,137ρ	0,075ρ	0,018ρ
Модуль пружності при вигині уздовж волокон, Н/м^2		$E_{//}$ =19,5ρ			
Тверда деревина		**Щільність**	**Властивості уздовж волокон**		
Торгова назва	**Наукова назва**	ρ	$\sigma_{uf//}$	$\sigma_{uc//}$	$\tau_{u//}$
		кг/м^3	**Н/мм^2**	**Н/мм^2**	**Н/мм^2**
Аспен європейський	Populus tremula	460	55	34	6
Афромозія	Pericopsiselata	737	108	57	13
Афзерія	Afzeliasp.	817	100	63	13
Агба	Gossweilerodendr. bals.	497	65	35	9
Еккі (Азобе)	Lophiraalata	1 037	142	72	19
Іроко	Chlorophoraexcelsa	657	72	44	11
Ярра (Евкаліпт)	Eucalptusmarginata	865	94	51	13
Камфорне дерево	Dryobalanopsbeccarii	705	93	53	10
Каррі (Евкаліпт)	Eucalyptusdiversicolor	913	111	60	13
Кеврінг	Dipterocarpuscaudiferus	641	88	48	10
Махогані африканська	Khayaanthotheca	513	67	36	10
Махогані американська	Swieteniamarcrophylla	497	67	36	10
Макоре	Tieghemellaheckelii	609	81	43	11
Меранті світло-червона	Shoreadasyphylla	481	70	40	8
Дуб європейський	Quercusspp.	689	77	41	11
Опере	Naucleadiderrichii	753	96	58	14
Сапеле	Entandrophragmacylin.	673	89	47	14
Тік	Tectonagrandis	641	84	48	12
Утіле (Сіпо)	Entandrophragmautile	641	83	48	14
Інша тверда деревина		ρ	0,130ρ	0,071ρ	0,018ρ
Модуль пружності при вигині уздовж волокон, Н/м^2		$E_{//}$ =17,5ρ			

Таблиця С.2 **Границя міцності і модуль пружності при вигинипластин із ламінованої деревини**

Властивості / **Напрямок**	**Границя міцності при вигині, σ_{uf}, Н/мм^2**	**Модуль пружності при вигині[3], E_f, Н/мм^2**
Фанера		
Паралельно волокнам зовнішнього шару[1]	$\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,5} \times \left(68 - 2n_{ply} + 0,03n_{ply}^{\ 2}\right)$	$\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,75} \times \left(11400 - 580n_{ply} + 16n_{ply}^{\ 2}\right)$
Перпендикулярно волокнам зовнішнього шару[2]	$\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,5} \times \left(11 + 6,5n_{ply} - 0,28n_{ply}^{\ 2}\right)$	$\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,75} \times \left(1320n_{ply} - 55n_{ply}^{\ 2} - 1200\right)$
де: ρ_{PW}– питома маса фанери (щільність у кг/м^3). Значення визначається виміром зразків наявного матеріалу. Це значення повинно включати масу шарів клею і може перевищувати щільність базової деревини на 10% і більше; n_{ply} - кількість шарів, припускаючи непарне число (між 5 та 15).		

Продовження таблиці С.2 **Границя міцності і модуль пружності при вигинілластин із ламінованої деревини**

Напрямок \ Властивості	Границя міцності при вигині, σ_{uf}, Н/мм^2	Модуль пружності при вигині[3], E_f, Н/мм^2
Пластини шпону, сформовані за місцем (орієнтація шарів під кутом ± 45°)		
Усі шари під кутом ± 45° до короткої сторони пластини *b*		
Застосовне вздовж будь-якої сторони пластини[4]	$0{,}3\sigma_{uf}$ базової деревини	$0{,}2E_f$ базової деревини
Останній шар розташований під кутом 90° до короткої сторони пластини *b*		
Вздовж короткої сторони	$(0{,}01\ n_{ply} + 0{,}17)\sigma_f$ базової деревини	$(0{,}006\ n_{ply} + 0{,}14)E_f$ базової деревини
Вздовж довгої сторони	Не застосовне до пластини[4]	$0{,}35E_f$ базової деревини
Рейкова обшивка		
Вздовж короткої сторони	$1{,}6\cdot(\sigma_L/\sigma_S)^{0,5}$ матеріалу рейок[5]	[6]

[1] Значення в напрямку, паралельному волокнам зовнішнього шару, повинне використовуватися у формулі (3.3.4.2) для випадку, коли зусилля розглядається прикладеним паралельно короткій стороні пластини *b*.
[2] Значення в напрямку, перпендикулярному волокнам зовнішнього шару, повинно використовуватися у формулі (3.3.4.2) для випадку, коли зусилля прикладено перпендикулярно короткій стороні пластини *b*.
[3] Модуль пружності при вигині повинен використовуватися для приєднаного пояска прилеглої обшивки при розрахунку ребра жорсткості.
[4] Якщо останній шар розташований паралельно короткій стороні пластини *b*, розрахунок повинен виконуватися згідно з **Додатком Е** цієї частини Правил. Однак формула для всіх шарів під кутами ± 45° до напрямку короткої сторони пластини *b* може застосовуватися в розрахунку із запасом міцності.
[5]Частка (σ_L/σ_S) представляє відношення міцності пластини вздовж довгої сторони до міцності вздовж короткої сторони пластини. Значення частки не повинне перевищувати 0,39.
[6] Для приєднаного пояска прилеглої обшивки при розрахунку ребра жорсткості модуль пружності при вигині перпендикулярно до напрямку рейок приймається як (σ_L/σ_S) помноженому на модуль пружності при вигині рейкової обшивки.
Типові значення відношення σ_L/σ_S:
- для рейкової обшивки з покриттям склотканиною - 0,07,
- для рейкової обшивки з покриттям зсередини та зовні ламінатом товщиною 1мм - 0,14,
- для рейкової обшивки з покриттям шпоном під кутом ± 45°, за умови, що загальна товщина шпону становить менше 50% товщини рейкової обшивки - 0,20.

*Примітки.***1**. Дані (σ_L/σ_S) та використання границі міцності при згині для рейкової обшивки наведені із запасом міцності. Точніші дані можуть бути отримані випробуванням або методом, викладеним у **Додатку Е** цієї частини Правил**.**
2.Модуль пружності при вигині базової (цілісної) деревини може визначатися за спрощеними формулами: для м'яких порід - $E_f = 19{,}5\rho$ і для твердих порід - $E_f = 17{,}5\rho$.

Таблиця С.3 **Механічні властивості фанери по кромці**

Характеристика	Од. виміру	Формула
***E*//**	Н/мм^2	$17{,}5\times(0{,}1+0{,}9\times k_N)\times(\rho_{PW} - 100)$
***E*⊥**	Н/мм^2	$17{,}5\times(1-0{,}9\times k_N)\times(\rho_{PW} - 100)$
σ_u//	Н/мм^2	$0{,}0075\times E$//
σ_u⊥	Н/мм^2	$0{,}0075\times E\perp$
G	Н/мм^2	$1{,}2\times\rho_{PW}$
τ	Н/мм^2	$0{,}02\times\rho_{PW}$
E*//або*E*⊥ при куті *θ	Н/мм^2	E// або $E\perp\left(1-\frac{\theta}{38}+\frac{\theta^2}{3400}\right)$ для $0\le\theta<90°$
σ_u// абоσ_u⊥ при куті *θ*	Н/мм^2	σ_u// або $\sigma_u\perp\left(1-\frac{\theta}{57}+\frac{\theta^2}{5100}\right)$ для $0\le\theta<90°$
τпри куті *θ*	Н/мм^2	$\tau\times\left(1+\frac{\theta}{250}+\frac{\theta^2}{4000}\right)$ для $0\le\theta<45°$

Де: $k_N = 0{,}5\times(1+1/n_{ply})$ і ρ_{PW} - фактична щільність фанери, кг/м^3, виходячи з непарної кількості шарів, рівних за товщиною. Якщо в результаті шліфування два зовнішні шари виявляться тоншими, ніж інші шари, k_N повинен бути прийнятий рівним 0,5.

Таблиця С.4 **Значення механічних властивостей фанери, що розраховуються за формулами табл. С.2**

Щільність кг/м^3	Кількість шарів	σ_{uf}//, Н/мм^2	$\sigma_{uf}\perp$, Н/мм^2	E_f//, Н/мм^2	$E_f\perp$, Н/мм^2
400	5	37	23	4 476	2 024
	7	35	27	4 086	2 688
	9	33	30	3 760	3 131
	11	31	31	3 499	3 352
450	5	39	24	4 890	2 211
	7	37	29	4 464	2 937
	9	35	31	4 108	3 420
	11	33	33	3 822	3 662
500	5	42	26	5 292	2 393
	7	39	30	4 831	3 178
	9	37	33	4 445	3 701
	11	35	34	4 136	3 963
550	5	44	27	5 684	2 571
	7	41	32	5 189	3 414
	9	39	35	4 775	3 976
	11	37	36	4 443	4 257
600	5	46	28	6 067	2 744
	7	43	33	5 538	3 644
	9	41	36	5 097	4 244
	11	38	38	4 742	4 544

Таблиця С.5 **Значення механічних властивостей шпону, формованого за місцем і що укладається під кутом ± 45° (за формулами табл. С.2)**

Назва деревини	Кількість шарів	σ_f вздовж короткої сторони, Н/мм^2	σ_f вздовж довгої сторони, Н/мм^2	E_f вздовж короткої сторони, Н/мм^2	E_f вздовж короткої сторони, Н/мм^2
Усі шари розташовані під кутом ± 45° до короткої сторони пластини					
Західний червоний кедр	Будь-яка	16	16	1 435	1 435
Махогані африканська	Будь-яка	20	20	1 796	1 796
Останній шар покладений перпендикулярно до короткої сторони пластини					
Західний червоний кедр	3	10	-	1 134	2 512
	4	11	-	1 177	2 512
	5	11	-	1 220	2 512
Махогані африканська	3	13	-	1 418	3 142
	4	14	-	1 472	3 142
	5	15	-	1 526	3 142

Таблиця С.6 **Значення механічних властивостей фанери по кромці,що розраховуються за формулами табл. С.3**

Щільність, кг/м^3	Кількість шарів	k_N	σ_{uf}//, Н/мм^2	$\sigma_{uf}\perp$ Н/мм^2	E_f// , Н/мм^2	$E_f\perp$, Н/мм^2	$G_{0/90}$, Н/мм^2	$\tau_{0/90}$, Н/мм^2	$\tau_{\pm45}$, Н/мм^2
400	5	0,60	25	18	3 360	2 415	480	8,0	13,5
	7	0,57	24	19	3 225	2 550			
	9	0,56	24	20	3 150	2 625			
	11	0,55	23	20	3 102	2 673			
450	5	0,60	29	21	3 920	2 818	540	9,0	15,2
	7	0,57	28	22	3 763	2 975			
	9	0,56	28	23	3 675	3 063			
	11	0,55	27	23	3 619	3 118			
500	5	0,60	34	24	4 480	3 220	600	10,0	16,9
	7	0,57	32	26	4 300	3 400			
	9	0,56	32	26	4 200	3 500			
	11	0,55	31	27	4 136	3 564			
550	5	0,60	38	27	5 040	3 623	660	11,0	18,6
	7	0,57	36	29	4 838	3 825			
	9	0,56	35	30	4 725	3 938			
	11	0,55	35	30	4 653	4 009			
600	5	0,60	42	30	5 600	4 025	720	12,0	20,3
	7	0,57	40	32	5 375	4 250			
	9	0,56	39	33	5 250	4 375			
	11	0,55	39	33	5 170	4 455			

С.3 ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ЛАМІНОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

У прикладах для розрахунків елементів використовуються механічні властивості, які приймаються за замовчуванням із формул табл. С.1 і табл. С.2 (значення для обчислень прийняті з табл. С.4 і табл. С.5). Якщо використовуються альтернативні джерела даних, можуть бути використані інші значення.

ПРИКЛАД 1. **Конструкція з листа фанери.**

Визначають щільність фанери (**600кг/м^3**) та кількість шарів (**7шт**). Визначають границю міцності на вигин для двох напрямків з табл. С.1 або табл. С.2:

σ// для зовнішніх шарів:

$$=\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,5}\times\left(68-2N_{ply}+0,03N_{ply}{}^{2}\right)=\left(\frac{600}{1000}\right)^{0,5}\times\left(68-2\times7+0,03\times7^{2}\right)=43\ \text{Н/мм}^2$$

$\sigma_\perp$ для зовнішніх шарів:

$$=\left(\frac{\rho_{PW}}{1000}\right)^{0,5}\times\left(11+6,5N_{ply}-0,28N_{ply}{}^{2}\right)=\left(\frac{600}{1000}\right)^{0,5}\times\left(11+6,5\times7-0,28\times7^{2}\right)=33\ \text{Н/мм}^2$$

Визначають паралельність або перпендикулярність зовнішніх шарів фанери короткій стороні пластини (**перпендикулярно**).

Використовують формулу (3.3.4.2) для визначення необхідної товщини:

$$t=b\times\sqrt{\frac{P_d\times k_2}{1000\times\sigma_d}}=450\times\sqrt{\frac{60\times0,5}{1000\times(0,5\times33)}}=19,2\ \text{мм}$$

***ПРИКЛАД 2*. Конструкція зі шпону, що формується за місцем.**

Визначають щільність шпону (513кг/м^3) перед укладанням і визначають границю міцності на вигин паралельно волокнам згідно табл. С.2, використовуючи для формули опцію "тверді породи / інша деревина" (з табл. С.1) або вибравши конкретну породу дерева.

Для породи Махогані:

σ_{uf} // (вздовж волокон) = 67 Н/мм^2 або 0,130 × 513 = 67Н/мм^2.

Визначають, як орієнтовані зовнішні шари шпону відносно короткої сторони пластини: паралельно, перпендикулярно або під кутом 45°(**перпендикулярно**). Визначають кількість шарів (**4шт**).

Визначають границю міцності на згин, використовуючи опцію табл. С.2 «Шпон холодного формування під кутом ±45°».

$\sigma_{uf//}$ для меншої сторони пластини = $(0{,}01N_{ply} + 0{,}17)\times\sigma_{uf}$ основної деревини = (0,01 × 4 + 0,17) × 67 = 14Н/мм^2.

Примітка: якщо всі шари шпону розташовані під кутом ± 45°, σ// уздовж короткої сторони панелі = $0{,}3\sigma_{uf}$ основної деревини = 0,3 × 67 = 20Н/мм^2.

Використовують формулу (3.3.4.2) для визначення необхідної товщини:

$$t = b\times\sqrt{\frac{P_d\times k_2}{1000\times\sigma_d}} = 250\times\sqrt{\frac{60\times 0{,}5}{1000\times(0{,}5\times 14)}} = 16{,}5\text{ мм}$$

***ПРИКЛАД 3*. Конструкція з рейкової обшивки.**

Визначають щільність рейок (368кг/м^3) перед формуванням з них обшивки і визначають границю міцності на вигин уздовж волокон рейок згідно з табл. С.2 використовуючи для формули опцію «м'які породи / інша деревина» (з табл. С.1) або вибравши конкретну породу дерева.

Для західного червоного кедра:

$\sigma_{uf//}$ = 52Н/мм^2, а з табл. Е1 (0,137 × 368) = 50Н/мм^2.

Визначають конфігурацію обшивки: тільки рейкова обшивка або рейкова обшивка з покриттям склопластиком товщиною 1мм зсередини і зовні або з покриттям шпоном під кутом ± 45°. (**Останній варіант**).

Вибирають значення (σ_L/σ_S) = 0,2 із табл. С.2.

Розраховують границю міцності на вигин:

$1{,}6 \times (\sigma_L/\sigma_S)^{0,5} \times \sigma_f$ рейок = $1{,}6 \times 0{,}2^{0,5} \times 50$ = 36Н/мм^2.

Використовують формулу (3.3.4.2) для визначення необхідної товщини:

$$t = b\times\sqrt{\frac{P_d\times k_2}{1000\times\sigma_d}} = 800\times\sqrt{\frac{60\times 0{,}5}{1000\times(0{,}5\times 36)}} = 33\text{ мм}$$

Примітка: для варіанта конфігурації рейкової обшивки з покриттям склопластиком границя міцності при згині становитиме:

$1{,}6 \times (\sigma_L/\sigma_S)^{0,5} \times \sigma_f$ рейок = $1{,}6 \times 0{,}07^{0,5} \times 50$ = 21Н/мм^2, а необхідна товщина складатиме 43мм.

ДОДАТОК D

ГЕОМЕТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕБЕР ЖОРСТКОСТІ

D.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Геометричні властивості ребер жорсткості вказані в наведених нижче таблицях. Проміжні значення можуть бути отримані шляхом інтерполяції.

D.2 РЕБРА ЖОРСТКОСТІ З АВ-ПЛАСТИКА

D.2.1 Загальні вимоги

У табл. D.1 ÷ D.3 нижче наведені геометричні властивості трьох типових П-подібних ребер жорсткості: «низького», «квадратного» і «високого».

Ребра жорсткості з ламінату мають вміст скла в масі ламінату ψ = 0,30. Частина обшивки, що включається в приєднаний поясок, повинна мати ширину, яка в 20 разів перевищує товщину обшивки плюс ширина основи трапеції П-подібного ребра жорсткості. Ламінат приєднаного пояска має масу армуючих волокон, кг/м^2, вказану в стовбці 6.

Момент опору W, см^3, площа поперечного перерізу стінок ребра жорсткості, A_W, см^2, і момент інерції відносно нейтральної осі I_{NA}, см^4, наведені в стовбцях 7, 8 і 9 відповідно.

Якщо відстань між ребрами жорсткості (шпація) менша за ширину, наведену в стовбці 5, геометричні властивості ребер жорсткості повинні розраховуватися відповідно до **Додатку Е** цієї частини Правил.

Для розрахунку трапецій, верхня полиця яких виготовлена з однонаправленої тканини з Е-скла або інших матеріалів, повинні також застосовуватись вимоги **ДодаткуЕ** цієї частини Правил.

Примітка: значення табл. D.1 ÷ D.3 застосовні, якщо ширина приєднаного пояска, яка наведена в стовбці 5, менша відстаней між ребрами жорсткості (шпації).

D.2.2 «Низьке» П-подібне ребро жорсткості

«Низькі» П-подібні ребра жорсткості мають максимальну ширину верхньої полиці, що дорівнює 85% ширини основи трапеції: b_C = 0,85b_b, і висоту трапеції h - близько 0,7b_b. Товщина кожної із стінок ребра жорсткості дорівнює: $t_W/2 = 2{,}34 \times w_f$ (при ψ = 0,30, див. табл. 11.4.1.3-2).

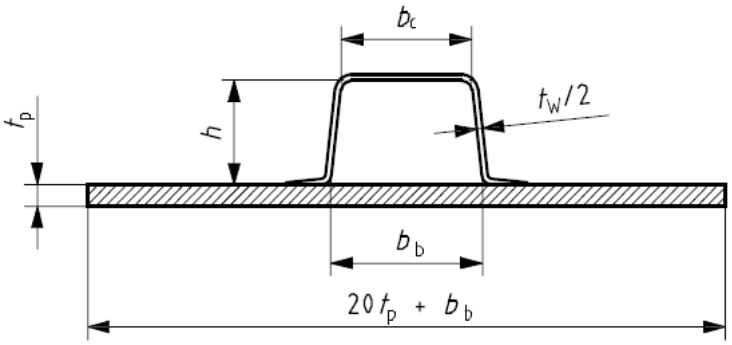


Рис. D.1. Ескіз «низького» П-подібного ребра жорсткості

Таблиця D.1 **Геометричні властивості низького П-подібного ребра жорсткості**

Розміри			Товщина прилегл. обшивки	Ширина приєднаного пояска $20\,t_P + b_b$, мм	Маса скла в ламінаті w_f, кг/м^2	Геометричні властивості		
h, мм	b_b, мм	b_C, мм	t_P, мм			W_{min}, см^3	A_W, см^2	I_{NA}, см^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	36	30	5	136	0,600	1,8	0,7	5
			10	236	0,600	2,7	0,7	8
			15	336	0,600	5,1	0,7	17
40	60	50	5	160	0,600	4,5	1,1	17
			10	260	0,600	5,4	1,1	24
			15	360	0,600	7,5	1,1	36
50	75	65	5	175	0,900	10,4	2,1	46
			10	275	0,900	11,8	2,1	62
			15	375	0,900	14,1	2,1	80
60	90	75	5	190	1,200	18,8	3,4	92
			10	290	1,200	21,1	3,4	127
			15	390	1,200	23,8	3,4	157
75	100	85	5	200	1,200	27,1	4,2	159
			10	300	1,200	30,1	4,2	218
			15	400	1,200	32,9	4,2	261
100	150	125	5	250	1,800	73	8,4	502
			10	350	1,800	81,2	8,4	715
			15	450	1,800	86,7	8,4	855
125	175	150	5	275	2,100	125,3	12,3	1000
			10	375	2,100	139,9	12,3	1445
			15	475	2,100	148,6	12,3	1739
150	220	190	5	320	2,700	231,3	18,9	2030
			10	420	2,700	259,8	18,9	2975
			15	520	2,700	276,1	18,9	3638

D.2.3 «Квадратне» П-подібне ребро жорсткості

«Квадратні» П-подібні ребра жорсткості мають максимальну ширину полиці, що дорівнює 85% ширини основи трапеції: $b_C = 0{,}85 b_b$, і висоту трапеції h приблизно рівну b_b. Товщина кожної із стінок ребра жорсткості складає $t_W/2 = 2{,}34 \times w_f$ (при $\psi = 0{,}30$, див. табл. 11.4.1.3-2).

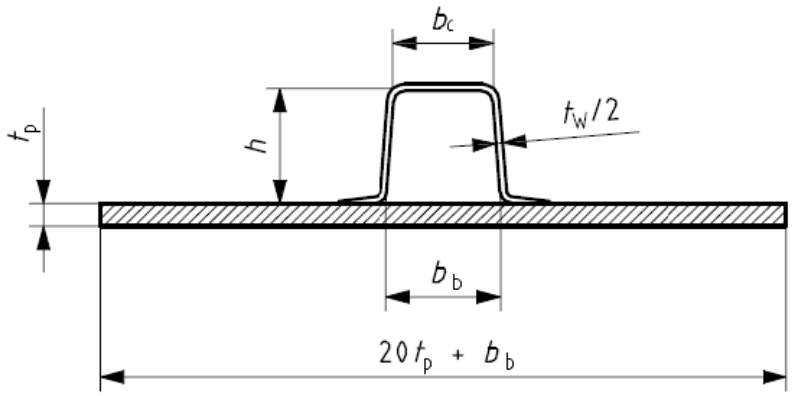


Рис. D.2. Ескіз «квадратного» П-подібного ребра жорсткості

Таблиця D.2 **Геометричні властивості «квадратного» П-подібного ребра жорсткості**

Розміри			Товщина прилегл. обшивки	Ширина приєднаного пояска $20\,t_P + b_b$, мм	Маса скла в ламінаті w_f, кг/м^2	Геометричні властивості		
h, мм	b_b, мм	b_C, мм	t_P, мм			W_{min}, см^3	A_W, см^2	I_{NA}, см^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	25	20	5	125	0,600	1,5	0,7	4
			10	225	0,600	2,2	0,7	7
			15	325	0,600	4,6	0,7	15
40	40	35	5	140	0,600	3,6	1,1	14
			10	240	0,600	4,4	1,1	20
			15	340	0,600	6,3	1,1	30
50	50	45	5	150	0,900	8,2	2,1	36
			10	250	0,900	9,5	2,1	50
			15	350	0,900	11,5	2,1	66
60	60	50	5	160	1,200	14,5	3,4	72
			10	260	1,200	16,6	3,4	101
			15	360	1,200	18,9	3,4	126
75	75	65	5	175	1,200	22,8	4,2	135
			10	275	1,200	25,6	4,2	187
			15	375	1,200	28,2	4,2	225
100	100	85	5	200	1,800	56,2	8,4	391
			10	300	1,800	63,7	8,4	567
			15	400	1,800	68,6	8,4	683
125	125	105	5	225	2,100	98,3	12,3	798
			10	325	2,100	111,7	12,3	1169
			15	425	2,100	119,6	12,3	1414
150	150	125	5	250	2,700	172,5	18,9	1557
			10	350	2,700	198,0	18,9	2309
			15	450	2,700	212,6	18,9	2845

D.2.4 «Високе» П-подібне ребро жорсткості

«Високі» П-подібні ребра жорсткості мають, як правило, однакову ширину полиці і основи $b_C = b_b$ і висоту h, що в два-три рази перевищує ширину b_b. Товщина кожної зі стінок ребра жорсткості складає $t_W/2 = 2{,}34 \times w_f$ (при $\psi = 0{,}30$, див. табл. 11.4.1.3-2).

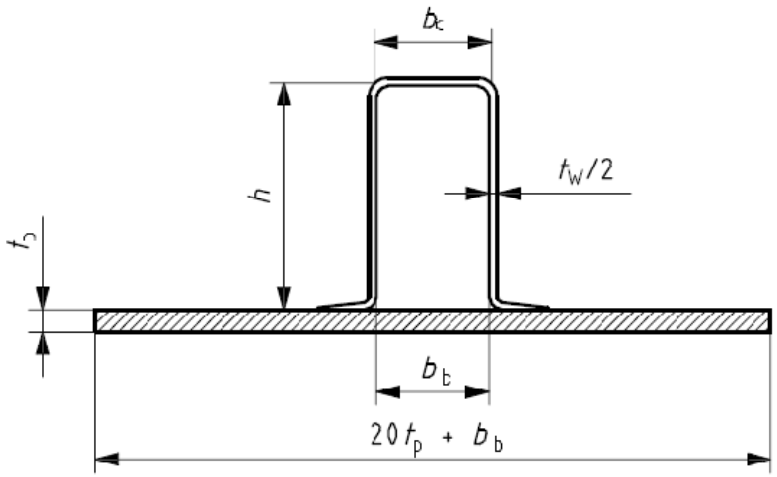


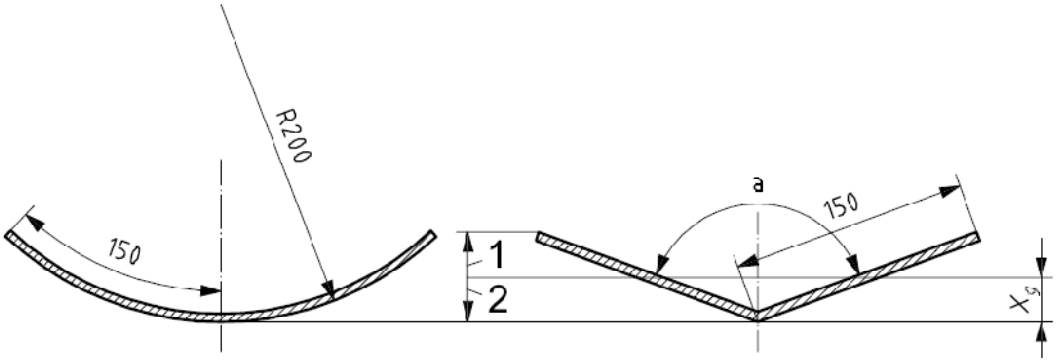
Рис. D.3. Ескіз «високого» П-подібного ребра жорсткості

Таблиця D.3 **Геометричні властивості «високого» П-подібного ребра жорсткості**

Розміри			Товщина прилегл. обшивки	Ширина приєднаного пояска $20t_P + b_b$, мм	Маса скла в ламінаті w_f, кг/м^2	Геометричні властивості		
h, мм	b_b, мм	b_C, мм	t_P, мм			W_{min}, см^3	A_W, см^2	I_{NA}, см^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	50	50	5	150	1,800	41,3	8,4	289
			10	250	1,800	48,4	8,4	434
			15	350	1,800	52,7	8,4	529
125	50	50	5	150	2,100	64,7	12,3	532
			10	250	2,100	77,1	12,3	816
			15	350	2,100	84,1	12,3	1006
150	50	50	5	150	2,700	103,6	18,9	960
			10	250	2,700	126,2	18,9	1496
			15	350	2,700	139,1	18,9	1893
150	75	75	5	175	2,700	125,5	18,9	1140
			10	275	2,700	149,5	18,9	1751
			15	375	2,700	163,2	18,9	2199
175	75	65	5	175	3,000	160,5	24,5	1675
			10	275	3,000	193,5	24,5	2557
			15	375	3,000	213,0	24,5	3243
200	75	75	5	175	3,600	239,4	33,6	2713
			10	275	3,600	289,9	33,6	4102
			15	375	3,600	322,1	33,6	5296
200	100	100	5	200	3,600	276,9	33,6	3081
			10	300	3,600	330,5	33,6	4626
			15	400	3,600	364,0	33,6	5934
250	100	100	5	200	4,200	432,8	49,0	5836
			10	300	4,200	517,5	49,0	8506
			15	400	4,200	576,2	49,0	11005
300	100	100	5	200	5,100	667,6	71,5	10571
			10	300	5,100	792,2	71,5	14779
			15	400	5,100	890,3	71,5	19131

D.3 ЗАОКРУГЛЕННЯ ТА ЗЛАМИ СКУЛИ

Такі елементи жорсткості є звичайними і можуть виготовлятися з будь-якого матеріалу (АВ-пластик, метал, фанера).



Позначення: 1 – h_{top}; 2 – h_{bott}.

Рис. D.4. Ескіз заокруглення обшивки та зламу скули. Розміри наведені в мм.

Таблиця D.4 **Заокруглення обшивки 150ммх150мм**

Довжина кола 150мм + 150мм + t_P			
Товщина пластини, мм	**Радіус заокруглення, мм**	**Момент інерції *I*, см^4**	**Момент опору *W*, см^3**
1	**2**	**3**	**4**
5	300	19,6	7,3
	200	42,2	11,0
	150	69,0	14,4
6	300	23,5	8,8
	200	50,6	13,3
	150	82,8	17,2
7	300	27,4	10,3
	200	59,1	15,5
	150	96,5	20,1
8	300	31,3	11,8
	200	67,5	17,7
	150	100,3	23,0

Таблиця D.5 **Злам скули 150ммх150мм**

Ширина обшивки по 150мм від зламу(150мм + 150мм + t_P)								
t_P, мм	**α, град**	**S, см^2**	**I, см^4**	X_g від ОП вверх, мм	**h_{top}, см**	**h_{bott}, см**	**h_{max}, см**	**W, см^3**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
5	120	15,11	72,3	4,0	4,0	4,1	4,1	17,8
5	140	15,09	33,8	2,9	2,8	2,9	2,9	11,9
5	160	15,04	8,9	1,6	1,6	1,6	1,6	5,5
6	120	18,13	86,7	4,0	4,0	4,1	4,1	21,4
6	140	18,11	40,6	2,9	2,8	2,9	2,9	14,2
6	160	18,05	10,6	1,6	1,6	1,6	1,6	6,6
7	120	21,15	121,4	4,0	4,0	4,1	4,1	29,9
7	140	21,13	47,3	2,9	2,8	2,9	2,9	16,6
7	160	21,06	12,4	1,6	1,6	1,6	1,6	7,7
8	120	24,18	194,3	4,0	4,0	4,1	4,1	47,9
8	140	24,14	54,1	2,9	2,8	2,9	2,9	19,0
8	160	24,06	14,2	1,61	1,55	1,61	1,61	8,8

D.4 МЕТАЛЕВІ РЕБРА ЖОРСТКОСТІ

Примітка.У прокатних профілів ребер жорсткості висота стінки h_1 зазвичай вимірюється від верхньої кромки обшивки до верхньої частини фланця (пояска) ребра жорсткості (див. рис. D.5 та табл. D.6). Для ребер жорсткості, які виготовляються (зварюються), висота стінки h_2 зазвичай вимірюється від верхньої кромки обшивки до нижньої кромки фланця (пояска) профілю. Інші розміри відповідають стандартному прокату (див. рис. D.6 та табл. D.7).

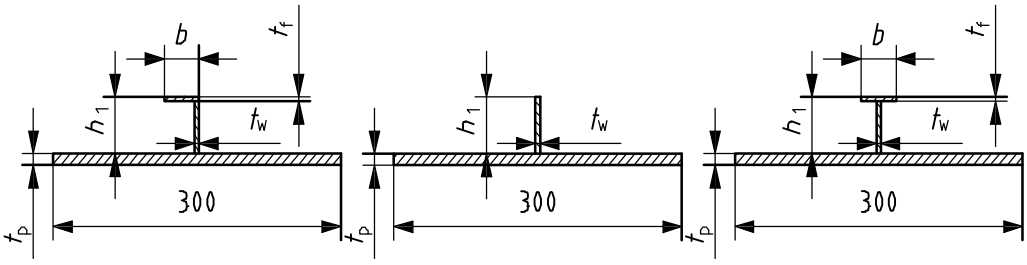


Рис. D.5. Ескізи ребер жорсткості з фланцевого, таврового та штабового профілів.
Розміри наведені в мм

Таблиця D.6 **Мінімальний момент опору ребер жорсткості з прокатних фланцевого, таврового та штабового профілів, см^3**

Г або Т – подібний профіль (див. рис. D.5)				Штаба (див. рис. D.5)			
Розміри $h_1 \times b \times t$	**Товщина прилеглої обшивки**			**Розміри $h_1 \times t$**	**Товщина прилеглої обшивки**		
	4 мм	**6 мм**	**8 мм**		**4 мм**	**6 мм**	**8 мм**
30 ×30 ×4	4,2	4,6	5,0	30 ×4	1,4	1,6	1,9
40 ×40 ×5	9,1	9,6	10,2	40 ×4	2,3	2,5	2,8
50 ×50 ×5	14,4	15,1	15,8	50 ×5	4,3	4,6	5,0
60 ×60 ×6	24,2	25,4	26,3	60 ×5	6,1	6,4	6,8
70 ×70 ×6	33,2	34,7	35,9	60 ×6	7,2	7,7	8,1
80 ×80 ×6	43,6	45,4	46,9	70 ×7	11,1	11,7	12,3
90 ×90 ×8	69,2	72,6	75,2	80 ×7	14,2	15,0	15,7
100 ×75 ×8	69,2	72,6	72,1	90 ×8	19,9	21,1	22,1
125 ×75 ×8	92,8	97,5	100,8	100 ×9	26,9	28,6	29,9
150 ×100 ×8	143,1	150,5	155,7	125 ×10	44,4	47,4	49,7

Рис. D.6 - Ескізи ребер жорсткості фланцевого і таврового поперечного перерізу, які виготовляються (зварюються). Розміри наведені в мм

Таблиця D.7 **Мінімальні момент опору та момент інерції ребер жорсткості фланцевого і таврового поперечного перерізу, які виготовляються (зварюються)**

Момент опору, см^3, Г або Т-подібний профілі (див. рис. D.6)				**Момент інерції площі поперечного перерізу, см^4**		
Розміри профілю, мм	**Товщина прилеглої обшивки, мм**			Для РЖ із сталі та алюмінію зазвичай розглядаються вимоги до моменту опору. Момент інерції розраховується як: $I = kZ^n$, см^4, де Z – момент опору поперечного перерізу, взятий із таблиць, см^3		
$h_2 \times t_W + b \times t_f$	4 мм	6 мм	8 мм			
100×6 + 50×8	54,3	56,7	58,5			
150×6 + 100×8	145,1	151,7	156,2			
200×8 + 100×10	251,1	265,1	274,7	**Тип профілю**	***k***	***n***
250×10+100×12	389,5	413,5	430,7	Г або Т-подібні	1,7	1,35
300×12+100×15	584,9	622,0	650,0	Штабовий	2,6	1,40

Примітка. У таблицях D.6 та D.7 ширина приєднаного пояска згідно табл. 3.4.6.1, становить 80t_P для сталі та 60t_P для алюмінію відповідно. Для спрощення, дані в таблицях розраховані на ширину приєднаного пояска в 300мм. При іншій ширині приєднаного пояска необхідний окремий розрахунок. Значення 300мм також дає верхню границю для шпації ребра жорсткості.

D.5 РЕБРА ЖОРСТКОСТІ ІЗ ДЕРЕВА

D.5.1 Загальні положення

Згідно до зазначеного в **3.4.5** ребра жорсткості з дерева, як правило, розглядаються, як зроблені з різнорідних матеріалів, тобто власне ребро і приєднаний поясок мають механічні властивості, що відрізняються один від одного більш ніж на 25%.

Оскільки модулі пружності приєднаного пояска і ребер жорсткості, як правило, відрізняються один від одного, в розрахунок зазвичай приймається модуль пружності ребра жорсткості. При цьому товщина обшивки помножується на коефіцієнт $KE_{0\text{-}90}$, що відображає співвідношення модуля пружності в площині прилеглої обшивки паралельно ребру жорсткості до модуля пружності в площині ребра жорсткості (див. **D.5.3.1**).

Розміри ребер жорсткості з деревини повинні розраховуватися відповідно до одного з наступних методів:

а) загальним методом, викладеним у **D.5.3**;

б) застосуванням **Додатка Е** цієї частини Правил для випадків, які не враховані в **D.5.3**;

в) використанням таблиць D.8 та D.9. Цей метод є більш простим і дає швидкі результати для визначення моменту опору *W*. Необхідно, однак, застосування методу, викладеного в **D.5.3**, для перевірки дотичних напружень.

D.5.2 Попередній розрахунок ребер жорсткості із дерева за таблицями

Таблиці D.8 і D.9 дозволяють виконати попередній розрахунок, застосовуючи загальний метод, викладений в **D.5.3** нижче, при розгляді чотирьох випадків для типових значень $KE_{0\text{-}90}$. Цими значеннями є:

0 - **вільний шпангоут** (ліва частина табл. D.8):

тут розглядається випадок, коли шпангоут (або стрингер) розташований поверх ребра жорсткості основного набору так, що не прилягає до пластин обшивки. Таким чином, обшивка не входить до приєднаного пояска шпангоуту. Якщо пластина з'єднана з ребром жорсткості або шпангоутом, але волокна обшивки перпендикулярні до ребер жорсткості, як це часто буває в носовій і кормовій частинах судна з корпусом із рейкової обшивки і шпангоутами поперек рейок, значення $KE_{0\text{-}90}$, яке дорівнює нулю, може використовуватися для забезпечення запасу міцності;

0,25 – **ребро жорсткості, встановлене на діагональну обшивку зі шпону з волокнами, спрямованими під кутом ± 45°** (права частина табл. D.8).

0,50 - **цільне ребро жорсткості, встановлене на обшивку з фанери** (ліва частина табл. D.9).

1,00 - **натесаний шпангоут, встановлений на обшивку з волокнами вздовж шпангоуту** (права частина табл. D.9):

цей випадок відповідає, в основному, шпангоутам і поперечним рейкам обшивки або стрингерам, розташованим уздовж поздовжніх рейок обшивки .

Таблиці D.8 і D.9 повинні використовуватися в поєднанні з вимогами та роз'ясненнями, наведеними в **D.5.4.**

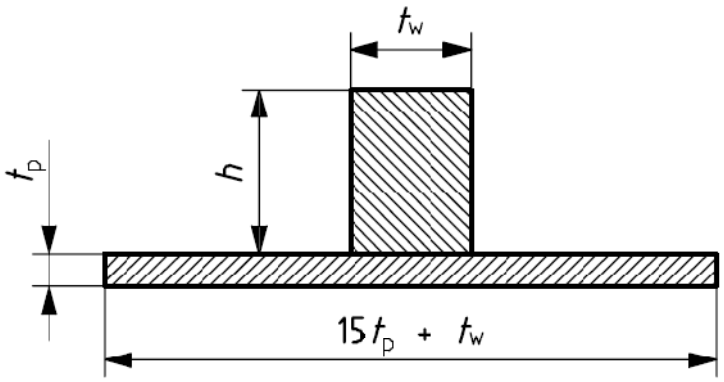


Рис. D.7 Ескіз ребра жорсткості із цільної деревини

Таблиця D.8 **Геометричні властивості ребер жорсткості із дерева (1)**

Вільний шпангоут					**Ребро жорсткості під кутом ± 45°до шпону**				
$KE_{0\text{-}90}$	**0,00**				$KE_{0\text{-}90}$	**0,25**			
Переріз $h \times t_W$	**Геоме-тричні хар-ки***	**Товщина приєднаного пояска** t_P			**Переріз** $h \times t_W$	**Геоме-тричні хар-ки***	**Товщина приєднаного пояска** t_P		
		10мм	**20мм**	**30мм**			**10мм**	**20мм**	**30мм**
25 ×25	W_{MIN}	2,6	2,6	2,6	25 ×25	W_{MIN}	5,8	11,0	19,2
	I	3,3	3,3	3,3		I	11,5	31,5	68,4
30 ×30	W_{MIN}	4,5	4,5	4,5	30 ×30	W_{MIN}	8,8	15,6	24,8
	I	6,7	6,7	6,7		I	19,1	48,6	96,0
40 ×40	W_{MIN}	10,7	10,7	10,7	40 ×40	W_{MIN}	17,3	28,5	41,1
	I	21,3	21,3	21,3		I	44,6	101,2	180
50 ×50	W_{MIN}	20,8	20,8	20,8	50 ×50	W_{MIN}	30,0	46,7	64
	I	52,1	52,1	52,1		I	90,0	184	307
60 ×60	W_{MIN}	36,0	36,0	36,0	60 ×60	W_{MIN}	47,8	70,6	93,9
	I	108	108	108		I	165	306	486
75 ×50	W_{MIN}	47	47	47	75 ×50	W_{MIN}	60	86	111
	I	176	176	176		I	256	451	691
100 ×50	W_{MIN}	83	83	83	100 ×50	W_{MIN}	101	136	170
	I	417	417	417		I	555	889	1293
125 ×50	W_{MIN}	130	130	130	125 ×50	W_{MIN}	152	196	240
	I	814	814	814		I	1025	1538	2155
150 ×50	W_{MIN}	187	187	187	150 ×50	W_{MIN}	213	268	322
	I	1406	1406	1406		I	1707	2437	3317
200 ×75	W_{MIN}	500	500	500	200 ×75	W_{MIN}	539	626	716
	I	5000	5000	5000		I	5598	7023	8669
250 ×75	W_{MIN}	781	781	781	250 ×75	W_{MIN}	830	938	1052
	I	9765	9765	9765		I	10689	12878	15396
300 ×75	W_{MIN}	1125	1125	1125	300 ×75	W_{MIN}	1183	1313	1451
	I	16874	16874	16874		I	18193	21311	24890
200×100	W_{MIN}	667	667	667	200×100	W_{MIN}	711	807	901
	I	6666	6666	6666		I	7335	8873	10511
250×100	W_{MIN}	1500	1500	1500	250×100	W_{MIN}	1565	1707	1847
	I	22499	22499	22499		I	23971	27306	30784
300×100	W_{MIN}	1500	1500	1500	300×100	W_{MIN}	1565	1707	1847
	I	22499	22499	22499		I	23971	27306	30784

Значення моменту опору W_{MIN} наведено в см^3, а моменту інерції I в см^4.

Примітка. Наведені значення припускають, що шпація (відстань між осями ребер жорсткості) не перевищує 450мм. Для шпації більшого розміру значення W та I є заниженими.

Таблиця D.9 **Геометричні властивості ребер жорсткості із дерева (2)**

Цільне ребро жорсткості і обшивка із фанери					**Натесаний шпангоут на пластині з волокнами уздовж шпангоуту**				
$KE_{0\text{-}90}$	**0,50**				$KE_{0\text{-}90}$	**1,00**			
Переріз $h \times t_W$	**Геоме-тричні хар-ки***	**Товщина приєднаного пояска t_P**			**Переріз $h \times t_W$**	**Геоме-тричні хар-ки***	**Товщина приєднаного пояска t_P**		
		10мм	**20мм**	**30мм**			**10мм**	**20мм**	**30мм**
25 ×25	W_{MIN}	6,7	13,0	25,8	25 ×25	W_{MIN}	7,4	16,3	38,6
	I	15,1	40,6	97,1		I	18,8	53,8	149,7
30 ×30	W_{MIN}	10,2	17,9	31,1	30 ×30	W_{MIN}	11,4	21,1	42,7
	I	25,5	61,9	128,8		I	32,2	78,2	183,9
40 ×40	W_{MIN}	20,3	32,3	47,7	40 ×40	W_{MIN}	23,0	36,3	58,1
	I	59,4	130,6	230,4		I	77,2	160,6	298
50 ×50	W_{MIN}	34,9	53,4	72,8	50 ×50	W_{MIN}	40,1	59,3	83,5
	I	117,2	242,4	394,6		I	153,7	301	491
60 ×60	W_{MIN}	55,0	81,6	106,8	60 ×60	W_{MIN}	63,5	91,1	119,8
	I	208	408	634		I	272	516	785
75 ×50	W_{MIN}	69	99	125	75 ×50	W_{MIN}	79	110	138
	I	319	596	891		I	413	750	1086
100 ×50	W_{MIN}	113	157	192	100 ×50	W_{MIN}	129	175	211
	I	670	1169	1681		I	850	1490	2059
125 ×50	W_{MIN}	168	226	274	125 ×50	W_{MIN}	191	255	301
	I	1207	2005	2814		I	1506	2573	3481
150 ×50	W_{MIN}	234	308	368	150 ×50	W_{MIN}	263	349	407
	I	1972	3142	4334		I	2418	4045	5413
200 ×75	W_{MIN}	573	708	826	200 ×75	W_{MIN}	630	810	939
	I	6155	8642	11207		I	7159	11075	14498
250 ×75	W_{MIN}	873	1049	1206	250 ×75	W_{MIN}	947	1195	1375
	I	11560	15473	19544		I	13162	19554	25250
300 ×75	W_{MIN}	1236	1453	1652	300 ×75	W_{MIN}	1328	1647	1885
	I	19449	25115	31061		I	21790	31299	39947
200×100	W_{MIN}	750	905	1038	200×100	W_{MIN}	817	1035	1191
	I	7964	10713	13391		I	9118	13607	17427
250×100	W_{MIN}	1625	1869	2083	250×100	W_{MIN}	1732	2107	2383
	I	25383	31548	37551		I	28045	38694	47948
300×100	W_{MIN}	1625	1869	2083	300×100	W_{MIN}	1732	2107	2383
	I	25383	31548	37551		I	28045	38694	47948

Значення моменту опору W_{MIN} наведено в см^3, а моменту інерції I в см^4.
Примітка. Наведені значення припускають, що шпація (відстань між осями ребер жорсткості) не перевищує 450мм. Для шпації більшого розміру значення W та I є заниженими.

D.5.3 Загальний метод розрахунку для ребер жорсткості з дерева

D.5.3.1 Загальні положення

Розрахунок розмірів полосових (брускових) ребер жорсткості, встановлених на пластину, може бути виконана з використанням наведених нижче формул і процедур. Нижче наведено приклад для ілюстрації застосування методу.

Ребра жорсткості таврового поперечного перерізу, що виготовляються, наприклад, шляхом приклеювання фланців з фанери до стінки або будь-якої іншої частини корпусу, можуть розраховуватися за допомогою методів, наведених у **Додатку Е** цієї частини Правил.

D.5.3.2 Попередні розрахунки

Момент інерції поперечного перерізу відносно нейтральної осі обчислюється таким чином, см^4:

$$I_{NA} = A_P\left(\frac{t_P}{2}\right)^2 + A_S\left(\frac{h}{2}\right)^2 + \frac{A_P \times t_P^2}{12} + \frac{A_S \times h^2}{12} - A \times y_{NA}^2 \text{ при } y_{NA} = \frac{A_S \times \frac{h}{2} - A \times \frac{t_P}{2}}{A}$$

і $A = A_P + A_S$.

Примітка. У цьому розрахунку товщина пластин помножується на коефіцієнт $KE_{0\text{-}90}$, що відображає відношення модуля пружності в площині приєднаного пояска паралельно ребру жорсткості до модуля пружності в площині ребра жорсткості.

Обчислення може бути спрощено використанням проміжної величини, що має розмірність в см^6:

$$C = \frac{A_S \times A_P}{3}\left(h^2 + 1,5 \times h \times t_P \times t_P^2\right) + \frac{1}{12}\left[\left(A_P \times t_P\right)^2 + \left(A_S \times h\right)^2\right], \qquad \text{(D.5.3.2-1)}$$

і тоді: $$I_{NA} = \frac{C}{A_P + A_S} \qquad \text{(D.5.3.2-2)}$$

де: $A_S = h \times t_W$ – площа поперечного перерізу стінки ребра жорсткості, см^2;

$A_P = KE_{0\text{-}90} \times t_P \times b_e$ – площа приєднаного пояска, см^2;

$KE_{0\text{-}90}$ є відношенням модуля пружності в площині приєднаного пояска паралельно ребру жорсткості до модуля пружності в площині ребра жорсткості;

b_e – ширина приєднаного пояска обшивки, см;

t_P – товщина обшивки, см;

t_W – товщина полоси (ширина бруска), см;

h – висота полоси (бруска) ребра жорсткості,см.

Примітка. Момент опору і момент інерції площі поперечного перерізу ребра жорсткості і приєднаного пояска трансформуються в єдине значення, що характеризує модуль пружності ребра жорсткості.

D.5.3.3 Вимоги до моменту опору

Момент опору ребра жорсткості $W_{РЖ}$ (по верхньому краю) або пластини $W_{Пл}$, см^3, знаходиться діленням моменту інерції площі поперечного перерізу I_{NA} на відстань y_{max}.

Для ребра жорсткості y_{MAX} становить, см:

$$y_{MAX} = h - y_{NA} = \frac{A \times h - A_S \dfrac{h}{2} + \dfrac{A_P \times t_P}{2}}{A} \quad \text{і тоді} \quad W_{РЖ} = \frac{I_{NA}}{y_{max}} = \frac{C}{A_P\left(h + \dfrac{t_P}{2}\right) + A_S \dfrac{h}{2}} \qquad \text{(D.5.3.3-1)}$$

Для пластини y_{MAX} становить, см:

$$y_{MAX} = t_P + y_{NA} = \frac{A \times t_P - A_S \dfrac{h}{2} + \dfrac{A_P \times t_P}{2}}{A} \quad \text{і тоді} \quad W_{Пл} = \frac{C}{A_S\left(t_P + \dfrac{h}{2}\right) + A_P \dfrac{t_P}{2}} \qquad \text{(D.5.3.3-2)}$$

D.5.3.4 Дотичні напруження в ребрі жорсткості / приєднаному пояску

Дотичне напруження в приєднаному пояску визначається за формулою Н/мм^2:

$$\tau = \frac{F_d \times Q}{I_{NA} \times b} \qquad \text{(D.5.3.4-1)}$$

де: $Q = A_P\left(t_P + y_{NA}\right) = \dfrac{A_P \times A_S \times \left(\dfrac{h + t_P}{2}\right)}{A_S + A_P}$ - статичний момент площі поперечного перерізу, см^3.

Момент інерції поперечного перерізу відносно нейтральної осі визначається за формулою, см^4:

$$I_{NA} = \frac{C}{A_P + A_S}$$

Якщо розміри вказані в см, площі в см^2, а навантаження в Н/мм^2, то дотичні напруження в приєднаному пояску визначаються за формулою, Н/мм^2:

$$\tau = \frac{0,005 \times F_d \times A_P \times A_S \times \left(h + t_P\right)}{C \times t_W} \qquad \text{(D.5.3.4-2)}$$

D.5.4 Розрахунок розмірів ребер жорсткості з дерева

D.5.4.1 Загальні положення

Для подальших розрахунків коефіцієнти $KE_{0\text{-}90}$ приймаються наступними:

$KE_{0\text{-}90}$ = 0,2 для кутів ± 45° між напрямками волокон шпону обшивки іребер жорсткості та

$KE_{0\text{-}90}$ = 0,05 ≈ 0 для шпангоутів, розташованих перпендикулярно до напрямку дошок рейкової обшивки.

Якщо $KE_{0\text{-}90}$ = 0, як і у випадку для «вільних» шпангоутів, момент опору визначається за формулою, см^3:

$$W_{\text{MIN}} = \frac{t_{\text{W}} \times h^2}{6} \qquad \text{(D.5.4.1)}$$

В таблицях D.8 і D.9 наводяться значення мінімальних моментів опору і моменту інерції поперечного перерізу для обраного типу ребра жорсткості.

Ребра жорсткості з дерева в комбінації з прилеглою обшивкою повинні бути перевірені на відповідність вимогам **D.5.4.2 ÷ D.5.4.5**.

D.5.4.2 Напруження по верхній кромці полосового (брускового) ребра жорсткості

Нормальне напруження по верхній кромці ребра жорсткості визначається за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{\text{РЖ}} = \frac{M_{\text{d}}}{W_{\text{РЖ}}} \qquad \text{(D.5.4.2)}$$

Ця напруження повинно порівнюватися з допустимим напруженнямσ$_{\text{d}}$ згідно табл.3.4.3, яке складає:

• 0,45σ$_{\text{uf}}$ для шпангоутів із ламінованої деревини;

• 0,4σ$_{\text{uf}}$ для шпангоутів із цільної деревини; і

• 0,45σ$_{\text{uf}}$ для шпангоутів із фанери по кромці.

D.5.4.3 Напруження по нижній кромці приєднаного пояска

Напруження по нижній кромці приєднаного пояска визначається за формулою Н/мм^2:

$$\sigma_{\text{Пл}} = \frac{M_{\text{d}}}{W_{\text{Пл}}} KE_{0\text{-}90} \qquad \text{(D.5.4.3)}$$

де M_{d} – розрахунковий згинальний момент, Нм, який визначається за формулою (3.4.5.1-2).

D.5.4.4 Дотичне напруження в ребрі жорсткості

Дотичне напруження в ребрі жорсткості визначається за формулою, Н/мм^2:

$$\tau_{\text{РЖ}} = \frac{F_{\text{d}}}{A_{\text{S}}} \qquad \text{(D.5.4.4)}$$

Згідно до табл.3.4.3 допустимі дотичні напруження приймаються:

τ_{d} = 0,45 τ_{u} – для шпангоутів із ламінованої деревини, або

τ_{d} = 0,4 τ_{u} – для шпангоутів із цільної деревини.

D.5.5 Практичний приклад

D.5.5.1 Загальні відомості

Стрингери перерізом 50мм×50мм з довжиною прогону 800мм виготовлені з дерева ялина Сітка. Обшивка товщиною 15мм виконана у вигляді шпону, покладеного під кутом ± 45°, з дерева Махогані. Шпація становить 280мм.

Ширина приєднаного пояска: b_{e} = 15 × t = 15 × 15 = 225мм + ширина ребра жорсткості, тому всього b_{e} = 225 + 50 = 275мм.

D.5.5.2 Ребро жорсткості

З табл. С.1 **Додатку С** цієї частини Правил приймається щільність матеріалу для ялини Сітка ρ = 384 кг/м^3.

Границя міцності при вигині σ$_{\text{uf}}$ = 53 Н/мм^2. Границя міцності при зсуві τ_{u} = 6,9 Н/мм^2. Модуль пружності вздовж волокон E = 19,5 × 384 = 7488Н/мм^2.

Площа поперечного перерізу стінки ребра жорсткості A_{S} = 5×5 = 25 см^2.

D.5.5.3 Пластина

Волокна обшивки розташовані під кутом ±45° до короткої сторони пластини.

З таблиць С.1 та С.2 **Додатку С** цієї частини Правил:

σ_{uf} = 0,3 × 0,130 × 513 = 20Н/мм^2 (згідно формули σ_{uf} = 0,3σ для основної деревини = 0,30 × 67 = 20Н/мм^2).

E = 0,2 × 17,5 × 513 = 1800Н/мм^2 (0,2σ базової деревини, із табл. С.1 **Додатку С** цієї частини Правил).

Розмірність даних повинна бути в см, см^{2}або см^3.

$KE_{0\text{-}90}$ = 1800 / 7488 = 0,24

A_P = 27,5 × 1,5 × 0,24 = 9,9см^2

$$C = 0,333 A_S \times A_P \left(h^2 + 1,5 \times h \times t_P \times t_P^2\right) + 0,0833\left[\left(A_P \times t_P\right)^2 + \left(A_S \times h\right)^2\right]$$

$$C = 0,333 \times 25 \times 9,9\left(5^2 + 1,5 \times 5 \times 1,5 \times 1,5^2\right) + 0,0833\left[\left(9,9 \times 1,5\right)^2 + \left(25 \times 5\right)^2\right] = 4497\text{см}^6$$

$$I_{NA} = \frac{C}{A_P + A_S} = \frac{4497}{25 + 9,9} = 128,8\ \text{см}^4$$

$$W_{РЖ} = \frac{C}{A_P\left(h + \frac{t_P}{2}\right) + A_S \frac{h}{2}} = \frac{4497}{9,9\left(5 + 0,75\right) + 25 \times 5/2} = 37,7\text{см}^3$$

$$W_{Пл} = \frac{C}{A_S\left(t_P + \frac{h}{2}\right) + A_P \frac{t_P}{2}} = \frac{4497}{25\left(1,5 + 5/2\right) + 9,9 \times 1,5/2} = 41,9\text{см}^3$$

D.5.5.4 Згинальний момент і перерізуюча сила

Якщо розрахунковий тиск складає P = 28кН/м^2:

$$M_d = 83.33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^2 \times 10^{-9} = \left(83,33 \times 28 \times 280 \times 800^2\right) \times 10^{-9} = 418\ \text{Нм}$$

$$F_d = k_{SA} \times P \times s \times l_u \times 10^{-4} = 5 \times 28 \times 280 \times 800 \times 10^{-4} = 3136\ \text{Н}$$

k_{SA} = 5 приймаючи до уваги, що шпангоут прикріплений до обшивки (див. **3.4.2.2**).

D.5.5.5 Необхідний момент опору

Для ребра жорсткості (критерій міцності на згин) необхідний момент опору становить

$W_{РЖ}$ = M_d / (0,4 × 53) = 418 / 21, 2 = 19,7см^3, що задовольняє, так як фактичний момент опору становить W = 37,7см^3.

Для пластини (критерій міцності на згин):

$$\sigma_{Пл} = \frac{M_d}{W_{Пл}} \cdot KE_{0\text{-}90}$$

Необхідний момент опору:

$$W_{Пл} = \frac{M_d}{\sigma_{d\,Пл}} \times KE_{0\text{–}90} = \frac{418}{0,45 + 20} \times 0,24 = 11\,\text{см}^3$$

Умова виконується, так як фактичний момент опору становить W = 41,9см^3.

D.5.5.6 Перевірка на зсув поперечного перерізу ребра жорсткості

$\tau_{РЖ}$ = F_d / A_S = 3 136 / (50 × 50) = 1,25Н/мм^2, що менше τ_d = 0,4τ_u = 0,4 × 6,9 = 2,76Н/мм^2 (див. табл. С.1 **Додатку С** цієї частини Правил), умова виконується.

D.5.5.7 Використання таблиць D.8 і D.9

При $KE_{0\text{-}90}$ = 0,25 і поперечним перерізом 50мм × 50мм характеристики для шпангоута можна отримати із табл. D.8 шляхом інтерполяції між товщиною обшивки 10мм та 20мм. При t_P = 15мм:

W_{MIN} = (30,0 + 46,7) / 2 = 38,3см^3, I_{NA} = (90 + 184) / 2 = 134см^4, що близько дозначень, отриманих в **D.5.5.3.**

ДОДАТОК Е

РОЗРАХУНОК ПАКЕТУ ЛАМІНАТУ

Е.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Е.1.1 Застосування

Цей Додаток призначений для розрахунку пакету ламінату, що має композитний склад. Якщо ламінат не може розглядатися в розрахунку як квазіізотропний і в **Додатку D** не наведені механічні властивості при згині для такого складу ламінату, формули для однорідного одношарового та тришарового ламінату, або ребер жорсткості недійсні. Крім того, цей Додаток дозволяє перевірити міцність у двох основних напрямках пластини. Такий розрахунок важливий, коли волокна розташовані вздовж короткої сторони пластини, що широко застосовується в конструкції корпусу для зниження маси обшивки.

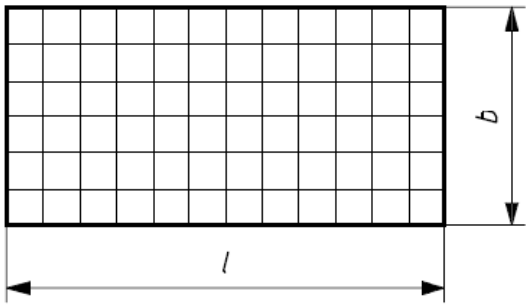
Методи, наведені в Додатку, можуть бути застосовані до одношарової обшивки (всі шари армовані), до тришарових панелей з низькою жорсткістю заповнювача (наприклад, ПВХ або бальса поперек волокон) і до тришарових пластин з високою жорсткістю заповнювача (наприклад дошки або просочений сполучним матеріал заповнювача). Цей метод також застосовний до ребер жорсткості, виготовлених з різних матеріалів (наприклад, П-подібні ребра жорсткості із ровінгового мату з додатковою полицею з односпрямованої тканини).

Застосування методу суворо обмежено складом ламінату, волокна якого в основному орієнтовані під кутом 0/90° по відношенню до сторін пластини і майже симетричні відносно нейтральної осі. Якщо це не так, можуть виникати нормальні та дотичні напруження від сил, які діють у площині пластин і поза ними, а також від вигину і кручення. Ламінат такого складу краще аналізувати за допомогою класичної теорії ламінату (CLT). Замість розрахунків згідно з цим Додатком може використовуватися схвалене Регістром програмне забезпечення для CLT.

У будь-якому випадку передбачається, що пластина жорстко закріплена по периметру і піддається навантаженню розрахунковим тиском, який визначається в **2.4.**

Е.1.2 Розрахунок полос або пластин

Схематичний вигляд пластини показано на рис. Е.1. Якщо відношення сторін пластини $l/b > 2$, то розрахунок пластини може здійснюватися лише у напрямку, паралельному короткій стороні b, як полоси (див. **Е.2**). В іншому випадку, розрахунок повинен проводитися в обох напрямках (див. **Е.3**).



Позначення: b – менший розмір пластини; l – більший розмір пластини.

Рис. Е.1. Схематичний вигляд пластини.

Е.2 РОЗРАХУНОК ПОЛОСИ

Е.2.1 Розрахунок пакета багатошарового ламінату (див. табл. Е.2)

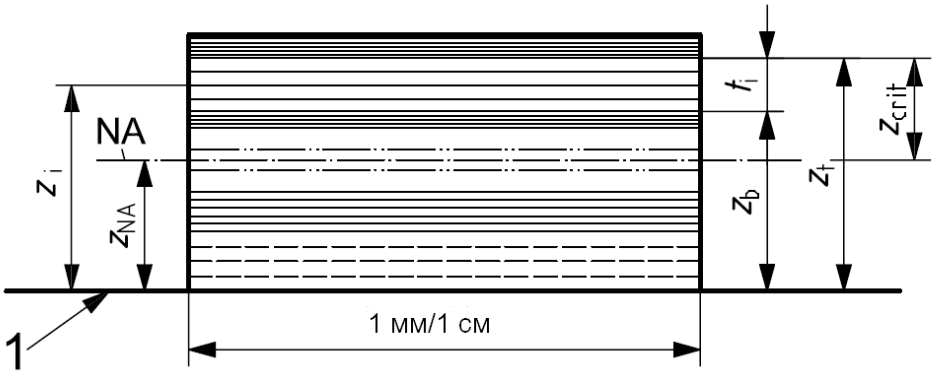
Е.2.1.1 Загальні положення

Метод, описаний нижче, відповідає аналізу полоси ламінату, тобто аналіз проводиться для пластини, закріпленої тільки по коротких сторонам. Див. вимоги **Е.3** для двовимірної пластини.

У табл. Е.2 наводиться більшість необхідних параметрів, які використовуються для розрахунку ламінату за умови, що виконуються вимоги **Е.1.1**.

Дані у світло-сірих осередках містять проміжні результати. Важливі результати виділені напівжирним шрифтом і знаходяться у темно-сірих осередках.

Сама таблиця містить 29 стовбців. Номер стовбця *n* вказано у заголовку таблиці. Де застосовне, у осередках дано посилання стовбця (*n*). Наприклад «=(8)× (9)» означає, що значення в цій клітині є добутком чисел відповідних цьому рядку і що знаходяться в осередках стовбців (8) і (9). Наведені також одиниці вимірів.



Позначення:

1 - базова лінія (зазвичай, зовнішня поверхня, за виключенням гелевого покриття);

NA – нейтральна вісь поперечного перерізу пакету ламінату.

Рис. Е.2. Схематичний поперечний перерізполоси ламінату.

Примітка. Розрахунки, наведені нижче, відповідають плоскій полосі (l/b > 4, кривизна відсутня). Тому приймаються k_C = 1, k_{SHC} = 0,5, k_2 = 0,5 для формул (3.3.1.5-1) і (3.3.1.5-2). Якщо необхідно перевірити пластини *(l/b < 2)* з можливою кривизною, перерізуюча сила і згинальний момент, у верхній частині табл. Е.2, повинні бути відкориговані відповідно до нових значень з формул (3.3.1.5-1) і (3.3.1.5-2). Усі осередки стовбців (21) ÷ (29), зрозуміло, повинні бути відповідно перераховані.

Е.2.1.2 Перерізуюча сила і згинальний момент

Перші два осередки вгорі табл. Е.2 містять відомості про розрахунковий тиск (після розрахунку всіх понижень) з **2.4** і значення непідтримуваної довжини полоси *b*. Ширина полоси приймається рівною 1мм.

Третій і четвертий осередки вгорі містять отримані розрахунком значення перерізуючої сили $F_d = 5 \times P \times b \times 10^{-4}$, Н/мм^2, і згинального моменту $M = 83{,}33 \times P \times b_2 \times 10^{-6}$, Нм, згідно з формулами (3.3.1.5-1) і (3.3.1.5-2).

Примітка. Значення, які підставляються у формулу для визначення перерізуючої для полоси:

$l/b \geq 2$, k_{SHC} = 0,5 і k_C = 1 (для полоси без кривизни). Для згинального моменту – k_2 = 1

(при $l/b \geq 2$).

Е.2.1.3 Товщина і механічні властивості шарів

У стовбцях (1) і (2) наводяться кількість шарів та тип їхнього матеріалу. Стовбці (3) ÷ (5) містять значення: (3) - маси сухих волокон армуючого шару в кг/м^2, (4) - типу волокна (Е-скло, вуглець або арамід) і (5) - вмісту скла в масі ламінату згідно табл. 11.4.1.3-1.

Стовбці (6) і (7) містять для кожного шару значення *E* (модуль нормальної пружності в площині шару) відповідно σ_{ut} або σ_{uc} (в залежності від того, як навантажується кожен шар, на розтягнення чи стиснення). Шари, які працюють на розтягування або стиснення, як зазначено в стовбці 23, виділені світло-сірим фоном осередку. Ці дані можуть бути прийняті з розділу **5** частини XII «Матеріали» цих Правил або з власних джерел інформації, узгоджених з Регістром.

У стовбці (8) наводиться міжшароваграниця міцності на зсув (поза площиною шару) τ_u [див. **Е.2.1.6** і формулу (Е.2.1.7)].

У стовбці (9) наводиться значення допустимого дотичного напруження на підставі табл. Е.7, а стовбці (10) і (11) надають допустимі значення напружень σ_{di} і τ_{di}.

Примітка. Дані про значення розтягуючих або стискаючих сил тонких шарів, отримуються в результаті загального вигину пластини. Значення властивостей при згині E_f або σ_f приймаються за результатами випробувань, методом триточкового вигину. При цьому вимірюються значення E і для пластини в цілому, а не для кожного шару (див. докладніше **Е.2.1.5**).

У стовбці (12) наведені товщини кожного шару, які розраховані за формулами (11.4.1-1), (11.4.1-3) і (11.4.1-5) в залежності від маси волокон w та вмісту скла у масі ламінату ψ.

Е.2.1.4 Жорсткість при згині *EI*

У стовбці (13) наводиться значення добутку модуля пружності на товщину кожного шару Eі х tі, тобто, добуток осередків із стовбців (6) і (12).

У стовбці (14) наведена відстань z_g від центру ваги кожного шару (середини товщини шару) до базової лінії, яка розглядається як зовнішня сторона ламінату; z_{gi} є сумою: $t_i/2$ + сума t_i попередніх шарів.

У стовбцях (15) ÷ (17) наводяться, відповідно, результати обчислень:

$E_i \times t_i \times z_{gi}$, добуток осередків стовбців (13) х (14);

$E_i \times t_i \times z_{gi}^2$, добуток осередків стовбців (14) х (15) і $\frac{E_i \times t_i^3}{12}$, момент інерції кожного шару відносно власної нейтральної осі.

Висота нейтральної осі шару над основою визначається за формулою, м:

$z_{NA} = \frac{\sum E_i \times t_i \times z_{gi}}{\sum E_i \times t_i}$, і відображається внизу стовбця (14) та є результатом ділення суми осередків стовбця (15) на суму осередків стовбця (13).

Стовбець (18) дає добуток $E_i \times I_i = (E_i \times t_i^3 / 12) + (E_i \times t_i \times z_{gi}^2)$ і розраховується відносно базової лінії, тобто, як зовнішній шар ($z_{BASE} = 0$). Ця величина є сумою моментів інерції кожного шару навколо власної нейтральної осі плюс, відповідно до теореми паралельних осей, площа поперечного перерізу, помножена на квадрат відстані від центру ваги шару до базової лінії. Внизу стовбця в осередку з темно-сірим фоном та напівжирним шрифтом наводиться загальне значення EI_{BASE}.

У нижньому осередку стовбця (19), не пов'язаного з осередками самого стовбця, наводиться значення EI відносно нейтральної осі:

$EI_{NA} = EI_{BASE} - z_{NA}^2 \times \Sigma$ осередків стовбця (13).

EI_{NA} зазвичай називають,теоретично, D - жорсткістю ламінату.

У осередках стовбця (19) наведено результати розрахунку «критичної» частини кожного шару, тобто найбільш віддаленого від нейтральної осі.

Якщо $z_i \geq z_{NA}$, то $z_{crit} = z_i - z_{NA} - \frac{t_i}{2}$, або $z_{crit} = z - z_{NA} + \frac{t_i}{2}$

Примітка. Для тришарових панелей прийнято представляти одиниці вимірювання I і W в см^4/см і см^3/см. Тому результати із табл. Е.1 повинні бути відповідно поділені на 1000 та 100.

Е.2.1.5 Розрахунок напружень вигину

У стовбці (20) обчислюється момент опору для кожного шару:

$W_i = -[EI_{NA}/(z_{crit} \cdot E_i)]$, в стовбці (21) – напруження $\sigma_i = \frac{M}{W_i}$, а в стовбці (22) - фактор податливості, C_F, для кожного шару. У загальному випадку фактор податливості визначається як: $C_F = \frac{\sigma_d}{\sigma}$ або $C_F = \frac{\tau_d}{\tau}$.

Фактор відображає відношення між допустимим напруженням і напруженням, розрахованим по розрахунковому тиску. Значення фактору податливості більше одиниці означає, що пластина є досить міцною. Фактор податливості менше одиниці означає, що пластина не є досить міцною.

За наявності декількох шарів фактор податливості кожного шару визначається як:

$$C_{Fi} = \frac{\sigma_d}{\sigma_i}$$

Найслабшим шаром є той, для якого абсолютне значення C_{Fi} є найменшим.

При розрахунку додатне значення σ приймається на зовнішній стороні (коли зовнішня поверхня обшивки працює на розтяг при жорстко закріплених кінцях, тобто прогнута крива має горизонтальну дотичну лінію в місцях встановлення ребер жорсткості, як показано на рисунку у верхній частині табл. Е.2). Відповідно від'ємне значення σ приймається по внутрішній поверхні.

У табл. Е.2 від'ємні значення напруження відповідають стисненню, а додатні значення - розтягуванню, як зазначено в стовбці (23). Дані в стовбці (7) повинні бути перевірені на міцність (стиснення або розтягування) відповідно до зазначеного виду напруження у стовбці (23).

Е.2.1.6 Точність визначення напружень

Для більшості композитних конструкцій міцність на вигин, що використовується у формулі (3.3.2.2), значно перевищує міцність при стисненні і розтягуванні, іноді більш ніж удвічі. Наприклад, всі CSM-шари з ψ = 0,3 (див. **Додаток В** до частини XII «Матеріали» цих Правил) зазвичай мають границю міцності при згині 152Н/мм^2 згідно з формулою (3.3.2.2), але будуть обмежені границею міцності при розтягуванні або стисненні (85Н/мм^2 або 117Н/мм^2 відповідно) при використанні методу цього Додатку. Отже, розрахунок згідно з цим Додатком у багатьох випадках буде давати запас міцності для одношарових ламінатів.

Для тришарових панелей і ребер жорсткості, навпаки, шари мають більшу міцність при стисненні-розтягуванні, ніж при вигині.

Для шарів з діагональним укладанням армуючих тканин (тобто при кутах, відмінних від 0 і 90 ° до сторін пластини), напруження з формул, наведених в **Е.2.1.5**, не відповідають місцевій системі координат слоїв. Ці напруження повинні порівнюватися з зусиллями в шарах, прикладеними під кутом у системі координат пластини. Кращий підхід полягає у перетворенні напруженняу шарі в місцеву систему координат і порівняння з прикладеними зусиллями (див. **Е.2.1.1**). Використання класичної теорії ламінату рекомендується для пластин, у яких змінні кути напрямків волокон у шарах. У таких випадках міцність шару повинна оцінюватись за допомогою критерію руйнування

T_{sai} - W_{u}. Сумарне значення T_{sai} - W_{u} не може перевищувати значення коефіцієнта $KE_{0\text{-}90}$, тобто 0,25 для зовнішньої обшивки та настилу палуби.

Е.2.1.7 Розрахунок дотичних напружень

Стовбці від (24) до (29) у табл. Е.2 містять результати розрахунку дотичних напружень.

Деформація зсуву q визначається як:

$$q = F\frac{Q \times E}{E \times I_{\mathrm{NA}}},$$

де Q - статичний момент площі, тобто E, помножений на площу перерізу шару, найближчого до зовнішньої сторони пластини або ламінату.

Статичний момент площі, який є в теорії функцією $Q_x = \int y \cdot \mathrm{d}A$, стосовно до складу ламінату визначається як: $Q_x = \sum E_{\mathrm{i}} \times t_{\mathrm{i}} \times \left(z_{\mathrm{i}} - z_{\mathrm{NA}}\right)$, тобто, підсумовуванням від найближчого краю (зовнішнього або внутрішнього) ламінату до шару, який розраховується. Переходячи від першого шару до шару, який розраховується, спочатку необхідно обчислити статичний момент першого шару, Потім другого шару, і так далі. Поняття деформації зсуву менш застосовне до полоси ламінату 1мм шириною, але корисно для ребер жорсткості (див. нижче), ширина яких досить велика.

Примітка. Дотичне напруження розраховується як міжшарове дотичне напруження. Це напруження, яке зсуває один шар відносно іншого і відрізняється від граничного дотичного напруження в площині шару, наведеного в **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил, в яких приділяється увага деформаціям у межах даного шару. Сила міжшарового опору значною мірою залежить від сполучного і, як правило, набагато нижча, ніж опір зсуву в площині шару. Для ламінату на поліефірній основі границя міцності при зсуві між шарами τ_{IL} приблизно визначається за формулою, Н/мм^2:

$$\tau_{\mathrm{IL}} = 22{,}5 - 17{,}5\,\psi \qquad (\text{Е.2.1.7})$$

У прикладі, наведеному у табл. Е.2 можна побачити, що міжшарове дотичне напруження, як правило, не критичне для одношарового ламінату, але, безумовно, дуже важливе для навантаженого заповнювача (див. **Е.2.1.8**).

Е.2.1.8 Напруження у заповнювачі

Е.2.1.8.1 Заповнювач, який сприймає лише поперечне навантаження

В теорії тришарових панелей передбачається, що заповнювач сприймає лише поперечні навантаження і працює на вигин. Оскільки значення *E* для заповнювача вкрай низьке, використовуючи таблицю, аналогічну табл. Е.2, зазвичай припускають, що згинальне навантаження, яке діє на тришарову панель, незначне.

Дотичне напруження в заповнювачі визначається шляхом перетворення формули (3.3.5.4) або діленням перерізуючої сили, яка визначається за формулою (3.3.1.5-1), на відстань між центрами ваги оболонок t_S. Однак, для щільникового заповнювача дотичне напруження повинно бути перевірено в обох основних напрямках пластини.

В якості альтернативи може використовуватися менше зі значень дотичного напруження по двох напрямках, одержуване за формулою (3.3.5.4), яке зазвичай є заниженим.

Е.2.1.8.2 Ефективність заповнювача при вигині

Якщо заповнювач працює на вигин, а не тільки на зріз, використання табл. Е.2, як правило, дає правильні значення, щоб перевірити, при обох навантаженнях (згинальному і поперечному), міцність заповнювача. Якщо як заповнювач використовуються дошки або фанера з напрямком волокон паралельно оболонкам (на відміну від бальси), також повинна застосовуватися табл. Е.2.

Крім того, для матеріалу заповнювача, просоченого сполучною, може бути застосований метод, описаний у **3.3.2.3**.

Е.2.1.9 Приклад розрахунку пластини

У табл. Е.2 нижче наведений типовий ламінат із ровінгових мату і тканини, з даними, взятими з табл. 11.4.1.3-1 і 11.4.1.3-2 та з **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил.

Як і очікувалося, розтягуючи напруження в зовнішньому шарі є критичним, фактор податливості становить 1,04 (один з мінімально прийнятних). Відносне напруження на межі розділу шарів 4 і 5 (на відстані 0,28мм від максимально віддаленого місця до нейтральної осі ламінату) має фактор податливості, рівний 7,0, тому міжшарове дотичне напруження, як правило, не є проблемою в одношаровому ламінату.

Як пояснюється в **Е.2.1.6**, розрахунок пакета одношарового ламінату згідно з цим Додатком, як правило, дає результат із запасом міцності. У табл. Е.2 нижче можна побачити, що при розрахунку пакету ламінату, товщина якого, наприклад, становить 6,2мм, середнє значення ψ становить 0,384. Відповідно до нього у **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил знаходиться значення σ_{uf} = 181Н/мм^2 та σ_{df} = 90,5Н/мм^2. При заданих значеннях *P* і *b* необхідна товщина за формулою (3.3.2.2) становитиме 4,8мм і розрахунок згідно з табл. Е.2 дає запас міцності за товщиною в 32%.

Е.2.1.10 Загальні теми

Згідно з теорією вигину вважається, що деформація ε зростає лінійно в міру віддалення від нейтральної осі до зовнішньої межі ламінату. У кожному шарі напруження визначається як добуток $E_i \times \varepsilon_i$. Якщо шар має велике значення *E*, наприклад, при матеріалі з однонаправленої UD-тканини, воно перевищуватиме відповідні значення для «м'яких» шарів.

У той самий час, при оцінці положення нейтральної осі, UD-тканина, яка має високе значення *E*, буде «зміщуватиме» до себе нейтральну вісь. Крім того, нейтральна вісь NA є центром ваги всіх шарів, які мають реальну ширину, а не 1мм як у полоси, і мають різні значення *E*. Жорсткий шар робить більший вплив на положення NA, ніж м'який.

Іншим важливим фактором є відносне подовження при розриві ε_{ui}. Границя міцності визначається як $\sigma_{ui} = E_i \times \varepsilon_{ui}$ і в табл. Е.1 наведено грубе порівняння значень подовження при розриві, ε_{ut}, для різних матеріалів. Значення є приблизними.

***Таблиця Е.*1 Порівняльні значення подовження при розриві ε_{ut}**

Назва властивостей матеріалу	**CSM/WR - із Е-скла**	**UD-склопластик**	**UD- вуглець**	**Фанера** 7 шарів
	ψ = 0,35	ψ = 0,50	ψ = 0,50	ρ 500 кг/м^3
E	8 300	22 500	80 000	4 830
σ_{ut}	107	430	800	39
ε_{ut}	1,29%	1,91%	1,00%	0,81%

З табл. Е.1 слідує, що:

• коли в ламінаті використовується односпрямована склотканина і високоміцний вуглець разом, 1%-не подовження при розриві лімітується матеріалом вуглецю (особливо, якщо високоміцний вуглець знаходиться в зовнішньому шарі), і склопластик не буде повноцінно працювати, оскільки при 1%- ному подовженні UD-склотканина працює тільки на 50% свого потенціалу;

• при застосуванні в ламінаті мату та ровінгової тканини з Е-скла для зовнішніх оболонок і фанери як заповнювача, фанеру «розриває» при 0,81%-подовженні, тоді як подовження до розриву склопластику в півтора рази вище.

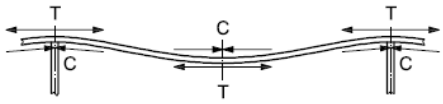
Е.2.1.11 Тканини із шарами, які не паралельні сторонам пластини

У тих випадках, коли волокна орієнтовані під деяким кутом θ до короткої сторони пластини, модуль нормальної пружності може бути визначений із наступних формул:

$$\frac{1}{E_b} = \frac{1}{E_1}\cos^4\theta + \left[\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_1}\right]\sin^2\theta \times \cos^2\theta + \frac{1}{E_2}\sin^4\theta \qquad \text{(Е.2.1.11-1)}$$

$$\frac{1}{E_i} = \frac{1}{E_2}\cos^4\theta + \left[\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_1}\right]\sin^2\theta \times \cos^2\theta + \frac{1}{E_1}\sin^4\theta \qquad \text{(Е.2.1.11-2)}$$

Таблиця Е.2 **Розрахунок пакету ламінату**

Розрахунковий тиск *P* **кН/м²**	**Менший розмір пластини** *b*, **мм**	**Розрахункова перерізуюча сила** F_d**/мм, Н/мм**	**Розрахунковий згинальний момент** M_d**, Н·мм/мм**		 ***Позначення:*** С – стиснення, Т - розтягування
26,0	*400*	5,2	347		

Розрахунок ламінату виконаний для полоси шириною 1мм										
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
№ шару	**Тип матеріалу**	**Маса армуючих волокон кг/м²**	**Тип волокон***	**Вміст скла** ψ	**Модуль** E_{ti} **Н/мм²**	σ_t/σ_u **Н/мм²**	**Міжшарове** τ_u **Н/мм²**	$\sigma_{dtc}/\sigma_{utc}$ τ_d / τ_u	σ_{dtc} **Н/мм²**	τ_d **Н/мм²**
		На вході	**G, C, A**	**11.4.1 *****	**Додаток В до частини XII «Матеріали» цих Правил**			**табл. 3.3.2.1****	**=(7)·(9)**	**=(8)·(9)**
1 зовнішній	Мат 300	0,300	G	0,30	6400	85	17	0,5	42,5	8,6
2	Мат 300	0,300	G	0,30	6400	85	17	0,5	42,5	8,6
3	Тканина 500	0,500	G	0,48	13240	183	14	0,5	91,5	7,1
4	Мат 450	0,450	G	0,30	6400	85	17	0,5	42,5	8,6
5	Тканина 800	0,800	G	0,48	13240	144	14	0,5	111,3	7,1
6	Мат 450	0,450	G	0,30	6400	117	17	0,5	76,1	8,6
7	Ткань 800	0,800	G	0,48	13240	144	14	0,5	111,3	7,1
Усього		**3,600**		**0,384**	**9387**					
				Середнє	Середнє					

* ***Скорочення***: G – скло, C – високоміцний вуглець, A – арамід
** Мається на увазі табл. 3.3.2.1 розділу **3** цієї частини Правил
*** Мається на увазі пункт **11.4.1** розділу **11** цієї частини Правил

Продовження таблиці Е.2 **Розрахунок пакету ламінату**

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
№ шару	Товщина t_i мм	$E_i \times t_i$, Н/мм^2	Відстань від базової лінії z_{gi}, мм	$Ei \times t_i \times z_{gi}$ Н	$Ei \times t_i \times z_{gi}^2$ Н·мм	$\frac{E_i \times t_i^3}{12}$ від баз. лінії Н·мм	z_{crit} от z_{NA} мм	$(EI)_i$ від баз. лінії Н·мм	W_i мм^3/мм	σ_i Н/мм^2
	11.4.1 ***	=(6)·(12)	по розрахунку	=(13)·(14)	=(14)·(15)	$=\frac{(13)\cdot(12)^3}{12}$	=(16)·(17	по розрахунку	по розрахунку	по розрахунку
1 зовнішн.	0,701	4483	0,35	1570	550	183,3	733	-3,38	8,47	40,9
2	0,701	4483	1,05	4711	4950	183,3	5134	-2,68	10,69	32,4
3	0,647	8562	1,72	14765	25460	298,4	25759	-1,98	6,99	49,6
4	1,051	6725	2,57	17304	44526	618,8	45145	-1,33	21,49	16,1
5	1,035	13700	3,62	49537	179119	1222,3	180341	0,75	-18,38	-18,9
6	1,051	6725	4,66	31329	145952	618,8	146571	1,8	-15,87	-21,8
7	1,035	13700	5,70	78107	445321	1222,3	446543	2,84	-4,88	-71,1
Усього	**6,219**	**58378**	**3,38**				**850226**	**183255**		
	сума	сума	z_{NA}				EI_{Base}	EI_{Base}		

1	22	23	24	25	26	27	28	29		
№ шару	Фактор податливості σ_d/σ_i	Напрям напруж. (див. рис. Зверху)	Аналіз дотичних напружень: Розташування між шарами	Z, Розрахунок від NA, мм	Q, Із Е.2.1.7, мм	q Н/мм	τ_i середнє Н/мм^2	Фак-тор податливо-сті τ_d/τ_i		
	=(10)/(21)				по розрахунку	$=F\cdot(26)/EI_{NA}$	=(27)/(1)	=(11)/(27)		
1 зовніш.	**1,04**	Т	Між1-2	2,68	13584	0,4	0,4	22,4	Макс.σ_tна зовнішньому шарі	
2	1,31	Т	Між2-3	1,98	24027	0,7	0,7	12,7		
3	1,85	Т	Між3-4	1,33	38203	1,1	1,1	6,5		
4	2,63	Т	Між4-5	0,28	43630	1,2	**1,2**	**7,0**	Макс. τна NA	
5	-3,82	С	Між5-6	-0,75	40400	1,1	1,1	6,1		
6	-2,68	С	Між6-7	-1,80	31801	0,9	0,9	9,6		
7	-1,01	С	Нижче 7	-2,84	0	0	0,0		τ=0 зверху ізнизу	

Допустимий згинальний момент M_t згідно табл. **360**Н·мм/мм = M_t · фактор податливості (22).
Необхідна товщина згідно з формулою (3.3.2.2) і σ_f відповідно до середнього ψ = **4,79мм.**
Середнє ψ = [сума (5), з використанням формули (11.4.1-2)] **0,384,** σ_{df} згідно **Додатку В** до ч.XII цих Правил **90,5Н/мм^2.**
Метод **Додатку Е** для одношарового ламінату дає вимогу до товщини із запасом: **32%**

Система формул відноситься до основного напрямку волокон.

EI потім отримують у кожному напрямку, використовуючи табличні розрахунки згідно з табл. Е.3.

Для шарів з біоксіальної двошарової тканини можуть використовуватись дані **Додатка В** до частини XII «Матеріали» цих Правил замість наведених вище формул.

Примітка. Для односпрямованої тканини E_1 означає характеристику паралельно волокнам, а E_2 - перпендикулярно волокнам. Для ровінгової або біаксіальної тканин $E_1 = E_2 = E$ по основі або по утоку (напрямки 0/90°). G_{12} - модуль пружності на зсув у площині шару. ν_{12} – коефіцієнт Пуассона (міра зміни поперечних розмірів тіла при деформації розтягу). Усі ці дані можна знайти у розділі **5** частини XII «Матеріали» цих Правил. Для ровінгових та біаксіальних тканин на основі Е-скла коефіцієнт Пуассона ν_{12} можна приймати рівним 0,25. Для матів із рубаного скла цей розрахунок не потрібний, оскільки CSM-мат вважається ізотропним матеріалом.

Е.2.1.12 Розрахунок ортотропних панелей

Для ортотропних панелей (тобто, які мають однакові властивості в трьох взаємно перпендикулярних напрямках) з кромками, жорстко закріплених по периметру, аналіз здійснюється у двох основних вимірах, як показано в табл. Е.2.

Максимальний розрахунковий згинальний момент вздовж сторони *b*, Н · мм/мм, визначається за формулою:

$$M_{\mathrm{db}} = k_{\mathrm{C}}^{\ 2} \times \beta_{\mathrm{b}} \times P \times b^2 \times 10^{-3} \qquad \text{(Е.2.1.12-1)}$$

Максимальний розрахунковий згинальний момент вздовж сторони *l*, Н · мм/мм, визначається за формулою:

$$M_{\mathrm{d}l} = \beta_l \times P \times b^2 \times 10^{-3} \qquad \text{(Е.2.1.12-2)}$$

Максимальна відносна деформація, мм/мм, визначається за формулою:

$$\frac{y}{b} = \frac{\alpha \times P \times b^3}{1000 \times EI_{\mathrm{NA}b}} \le k_1 \qquad \text{(Е.2.1.12-3)}$$

Таблиця Е.3 **Значення факторів α, β_{b}, β_l відповідно до ефективного відношення сторін**

Ефективне відношення сторін EAR	α	β_{b}	β_l
$\frac{l}{b} = \left(\frac{EI_{\mathrm{NA}b}}{EI_{\mathrm{NA}l}}\right)^{0,25}$	$\frac{0,00237}{1+\frac{1,056}{\mathrm{EAR}^5}}$	$\frac{0,0833}{1+\frac{0,623}{\mathrm{EAR}^6}}$	$\frac{0,057^{-0,1}\sqrt{EI_{\mathrm{NA}l}} / EI_{\mathrm{NA}b}}{1+\frac{0,111}{\mathrm{EAR}^7}}$

де: *b* – менший розмір пластини, мм, згідно **3.2.1.1** цієї частини Правил;
l – більший розмір пластини, мм, згідно **3.2.1.2** цієї частини Правил;
P – розрахунковий тиск на пластину, кН/м^2, згідно **2.4** цієї частини Правил;
EI_{NA} - жорсткість на вигин у напрямку *b* або *l* відповідно, Н · мм.

Формули (Е.2.1.12-1) ÷ (Е.2.1.12-3) можуть використовуватися для перевірки згинальних моментів в обох напрямках та виконання вимог щодо деформацій.

Е.3 РОЗРАХУНОК РЕБЕР ЖОРСТКОСТІ

Е.3.1 Загальні відомості

Метод, наведений в **Е.2** та табл. Е.2 може бути застосований до ребер жорсткості, але в розрахунковій таблиці ширина повинна бути не мм, а змінної величини.

Статичний момент визначається за формулою:

$Q = \Sigma EA\ (z_{\mathrm{i}} - z_{\mathrm{NA}})$.

Деформація зсуву визначається за формулою:

$$q = \frac{F_{\mathrm{d}} \times Q}{EI_{\mathrm{NA}}}$$

Для розрахунку перерізуючої сили і згинального моменту повинні підставлятися значення прогону l_{u} і шпації *s* ребер жорсткості. Розрахунки виконуються за формулами (3.4.5.1-1) та (3.4.5.1-2) цієї частини Правил, відповідно для F_{d} для M_{d}.

Вхідні дані ті самі, але кожен елемент ребра жорсткості повинен мати висоту та ширину. Для П-подібних ребержорсткостідо розрахунку приймається сума товщин двох стінок t_{W}.

Стосовно ребер жорсткості товщини в табл. Е.2 повинні бути замінені на площу поперечного перерізу A_{i} шару або елемента ребра жорсткості. Слід зазначити, що в той час, як значення *EI* пластини відноситься до одиниці ширини пластини, для ребра жорсткості значення *EI* розраховується для профілю ребра жорсткості та приєднаного пояска.

Ширина приєднаного пояска та необхідні значення розрахункового згинального моменту, перерізуючої сили і жорсткості на вигин *EI*, повинні використовуватися відповідно до вимог **3.4** цієї частини Правил.

Примітка. Розрахунки, наведені нижче, відповідають прямим ребрам жорсткості (без кривизни), тому $k_{\mathrm{CS}} = 1$ у формулі (3.4.5.1-2).

Якщо потрібно розрахувати вигнутий елемент ребра жорсткості, розрахунковий згинальний момент у верхній частині табл. Е.4 повинен бути відкоригований відповідно до нових значень, отриманих за формулою (3.4.5.2). Значення у всіх осередках стовбців (17) ÷ (25) повинні бути перераховані.

Е.3.2 Приклад розрахунку ребра жорсткості

Класичне ребро жорсткості із склопластику з відповідним приєднаним пояском обшивки показано на рис. Е.3. Розрахунок виконується у табл. Е.4. Для обшивки і ребра жорсткості використовується ламінат:

CSM-мат / WR-тканина з ψ = 0,35. Полиця ребра жорсткості посилена додатковою накладкою з UD-склотканини з ψ = 0,50 (усі значення механічних властивостей приймаються з **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил). Відношення розмірів $h/(t_W/2)$ = 100/4 = 25, що також визначається в нижній частині стовбців (7) ÷ (9), нижче границі, рівної 30, яка наведена в табл. 3.4.7.2-1.

Деталі розрахунку не показані, так як вони схожі на ті, що застосовуються в **Е.2**. Значення P, l_u і s були підібрані так, щоб досягти напружень, близьких до граничних. Осередки, які містять мінімальні значення, що визначають міцність ребра жорсткості в цілому, виділені темно-сірим фоном.

З розрахунку в таблиці видно, що шаром, який зазнає критичних нормальних напружень σ, є не зовнішня накладка з UD-склотканини, а зовнішній шар «основної» полиці за рахунок очевидного більшого розтягування в UD-тканині у порівнянні з ламінатом з CSM-мату і WR -тканини згідно з **Додатком В** до частини XII «Матеріали» цих Правил (див. **Е.2.1.10**).

Критичне дотичне напруження згідно з розрахунком у таблиці знаходиться в районі нейтральної осі стінки ребра жорсткості (включаючи приєднаний поясок), тобто на 36,5мм вище за базову лінію. Для обчислення граничного положення NA краще розділити стінку на дві еквівалентні частини.

Статичний момент обчислюється за формулою $Q = \Sigma EA\ (z_i - z_{NA})$ від нейтральної осі ребра жорсткості вгору до верху ребра жорсткості і вниз до зовнішньої обшивки в перерізі.

У таблиці фактор податливості для нормальних напружень приймається рівним 1,07 (при σ = 50Н/мм^2 по верху основної полиці ребра жорсткості), а фактор податливості для дотичних напружень приймається рівним 1,04 для району нейтральної осі.

Примітка.Дотичне напруження визначається в табл. Е.3 для міжшарових напружень (горизонтальні поверхні, які перпендикулярні поперечній силі), за винятком зусиль для стінок поза площиною шару, оскільки ці площі розташовані вертикально, тобто паралельно перерізуючій силі F_d.

У нижній частині табл. Е.4 розраховується деформація зсуву і дотичні напруження в ламінаті або клейовому з'єднанні між П-подібним ребром жорсткості і обшивкою. Видно, що розрахункове дотичне напруження в цьому з'єднанні становить 20% від граничного (коефіцієнт безпеки дорівнює 5), а фактор податливості дорівнює 1,3.

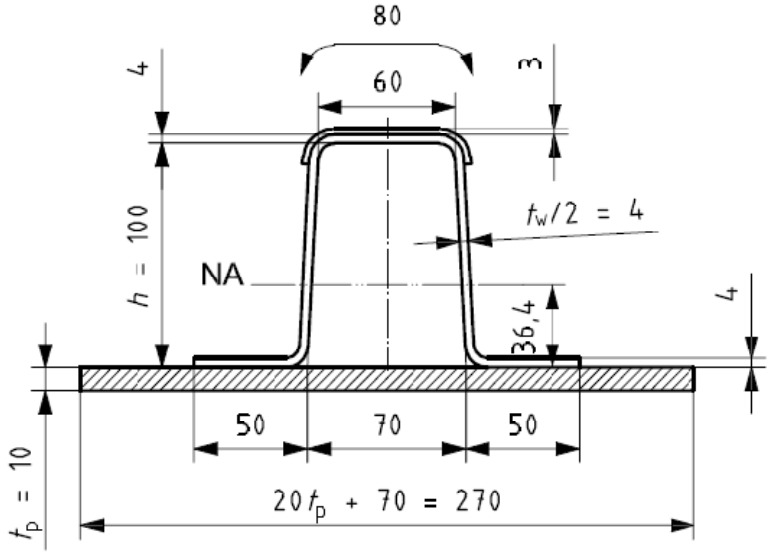


Рис. Е.3. П-подібне ребро жорсткості з посиленою полицею.
Розміри дані в мм

Таблиця Е.4 **Приклад розрахунку П – подібного ребра жорсткості**

Розрахунковий тиск P, **кН/м²**	**Прогін РЖ,** l_u, **мм**	**Шпація РЖ,** s, **мм**	**Фактор** k_{SA}	**Сила зсуву,** F_d, **Н**	**Згинальний момент,** M_d			
					Н·м	Н·мм		
55,0	**1400**	**700**	**5,00**	**26950**	**6286**	**6,29E+06**		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Елемент ребра жорсткості	**Висота,** h, **мм**	**Ширина** b, **мм**	**Модуль** E_t **Н/мм²**	σ_{ut} **або** σ_{uc} **із ч.XII, Н/мм²**	τ_u **Н/мм²**	σ_{df}/σ_{uf} τ_d/τ_u**із табл. 3.3.2.1**	σ_{dt} **Н/мм² =(5)·(7)**	τ_d **Н/мм² =(6)·(7)**
UD-дод.накладка	3	80	22500	430,0	13,8	0,5	215	6,9
Полиця=Стінка	4	60	8300	107,0	16,4	0,5	53,5	8,2
Стінка вище NA	67,5	8*	8300	107,0	66,0	0,5	53,5	33,0
Стінканижче NA	**32,5**	8*	8300	125,0	66,0	0,5	62,5	33,0
Прилегл. фланці	4	100	8300	125,0	16,4	0,5	62,5	8,2
Прилегл. обшивка	10	270	8300	125,0	16,4	0,5	62,5	8,2
Усього	121		9078					
Стінка1+Стінка2	100	h до верха стенки 1=		**36,5**		$h/(t_W/2)$ см.табл.3.4.7-1		**25,0**
* Враховується сума товщин двох стінок ($2 \times t_W/2$)								
1	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
Елемент ребра жорсткості	**Площа** $A=b\times h$ **мм²**	$E \times A$ **Н**	**Відстань від базової лінії** Z_{gi}, **мм**	$E\times A\times Zi$ **Н·мм**	$Ei\times A\times Zi^2$ **Н·мм²**	$\frac{E\times b\times h^3}{12}$ **Н·мм²**	$(EI)_i$ **відносно базової лінії Н/мм²**	z_{crit} **відNA мм**
	=(2)·(3)	=(4)·(10)	розрах.	=(11)·(12)	=(12)·(13)	$(3)(4)(2)^3/12$	=(14)+(15)	розрах.
UD-дод.накладка	240	5,40E+06	119,5	6,45E+08	7,71E+10	4,05E+06	7,71E+10	84,45
Полиця=Стінка	240	1,99E+06	116,0	2,31E+08	2,68E+10	2,66E+06	2,68E+10	81,45
Стінка вище NA	540	4,48E+06	80,3	3,60E+08	2,89E+10	1,70+09	3,06E+10	77,45
Стінканижче NA	260	2,16E+06	30,3	6,53E+07	1,97E+09	1,90E+08	2,16E+09	-22,55
Прилегл. фланці	400	3,32E+06	12,0	3,98E+07	4,78E+08	4,43E+06	4,83E+08	-26,55
Прилегл. обшивка	2700	2,24E+07	5,0	1,12E+08	5,60E+08	1,87E+08	7,47E+08	-36,55
Усього	4380	3,98E+07		1,45E+09	1,368E+11	2,09E+09	**1,38E+11**	**8,48E+10**
	Відстань від н. осі Z_{NA}		**36,5 мм**				EI	EI_{NA}
	18	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
Елемент ребра жорсткості	W_i **см³**	σ_i **Н/мм²**	**Фактор податлив.** σ_d/σ_i	**Розташу-вання** τ	Q **із Е.2.1.7 Н·мм**	q **Н/мм**	**середнє** τ_i **Н/мм²**	**Фактор податлив.** τ_d/τ_i
	розрах.	розрах.	=(8)/(9)		розрах	$=F_d(26)/EI_N$	=(23)/(3)	=(9)/(24)
Низ UD-накладки	44,6	140,9	1,53	Низполиці	4,48E+08	142,4	1,8	3,86
Верх .полиці	125,4	**50,1**	**1,07**	Верх стінки	6,06E+08	192,7	3,2	2,55
Низ стінки вище NA	131,9	47,7	1,12	Нейтр. вісь	8,02E+08	255,0	**31,9**	**1,04**
Низ стінкинижче NA	-453,0	-13,9	-4,50	Низ стінки	7,88E+08	250,7	31,3	1,05
Низ фланців	-384,7	-16,3	-3,83	Низ фланців/ Верх обшивки	7,07E+08	224,8	2,2	3,64
Низ обшивки	-279,5	-22,5	-2,78	Низ обшивки	0	0,0	0,0	
	Мин. податливость по σ		**1,07**			Мін. податлив. по τ		**1,04**
Розрахунок з'єднання між прилеглими фланцями РЖ і обшивкою див. Додаток Н								
	τ_u **Н/мм²**	τ_d/τ_u	τ_d **Н/мм²**	**Розташу-вання** τ	Q_i, **із**Е.2.1.7 **Н·мм**	q **Н/мм**	τ_i **Н/мм²**	**Фактор податливості**
Прилеглі фланці	15	5	3	Низ фланців/ Верх обшивки	7,07E+08	224,8	2,248	1,3
Примітка. Дані для розрахунків виділені світло-сірим фоном, важливі результати виділені жирним шрифтом на темно-сірому фоні; результати проміжних розрахунків не виділені.								

ДОДАТОК F

ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

F.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Матеріали деталей, що зварюються зі сталі та алюмінієвих сплавів, повинні відповідати вимогам розділу **2** частини XII «Матеріали» цих Правил.

Зварні шви повинні бути спроектовані так, щоб забезпечувати повний провар та зручність огляду. Деталі відповідних вимог докладно повинні бути наведені в таблиці зварювання, яка розробляється у складі проекту судна.

Послідовність зварювання стикових і кутових швів повинна бути такою, щоб мінімізувати залишкові напруження та зварювальні деформації в конструкції.

Підганяння листів та інших конструктивних елементів повинна точно відповідати таблиці зварювання. Детальні вимоги до зазорів між листами і елементами конструкцій, які приєднуються, повинні забезпечувати провар зварних швів.

Зварні шви повинні забезпечити безперервність і плавність передачі напружень, наскільки це практично можливо без різких змін розмірів поперечного перерізу і товщини з’єднувальних деталей.

Зміна висоти стінки або ширини пояскачи фланця елементів не повинна перевищувати однієї третини.

Якщо різниця товщин листів, що з'єднуються, перевищує 3мм, кромка товстішого листа повинна мати укіс з кутом не більше 15°.

Накладних листів, по можливості, слід уникати, але якщо вони застосовуються, то їх товщина не повинна перевищувати 1,5 товщини листа, на який вони накладаються. Накладки повинні приварюватися суцільним кутовим швом по всьому периметру і, при необхідності, по краях прорізів у накладці.

Місцевого скупчення зварних швів слід уникати. Відстань між стиковими зварними швами повинна становити не менше (50мм + 4*t*), а між стиковими і кутовими (тавровими) швами - не менше (30мм + 3*t*), де *t* - товщина деталі, що зварюється.

Вирізи, які виконуються в стінках елементів корпусу судна для проходження стикових або таврових зварних швів, повинні мати радіус не менше 20мм або 2*t*, в залежності від того, що більше. Кутовими швами слід обварювати кромки всіх таких вирізів.

Метою цього Додатка є визначення розмірів зварних швів. В якості альтернативи розміри можуть визначатися відповідно до вимог стандартів на зварювання, визнаних Регістром.

F.2 ВИДИ ЗВАРЮВАННЯ

F.2.1 Зварювання сталі

Сталеві листи та елементи конструкцій повинні зварюватися ручним дуговим зварюванням (MMA), зварюванням під флюсом (SAW) або зварюванням дротом у середовищі вуглекислого газу (MIG). Можуть розглядатися інші способи, такі, як зварювання вольфрамовим електродом в середовищі інертного газу (TIG), лазерне зварювання або плазмове -дугове зварювання.

F.2.2 Зварювання алюмінієвого сплаву

Для листіві елементів конструкцій з алюмінієвих сплавів повинне використовуватися зварювання дротом у середовищі інертного газу (MIG) або зварювання вольфрамовим електродом у середовищі інертного газу (TIG). Можуть застосовуватися інші способи, такі як контактне або лазерне зварювання.

F.3 ПІДГОТОВКА КРОМОК

F.3.1 Деталі із сталі

Зварювальні кромки деталей повинні бути зачищені від мастила, вологи, жиру, іржі, фарби або іншого забруднення дротяною щіткою або наждачним диском. Допускається зварювання сталевих деталей, покритих грунтом, без видалення грунту: у цьому випадку грунт повинний бути допущений Регістром після випробувань згідно з **6.5.4** частини XIII «Матеріали» Правил класифікації та побудови морських суден.

Шлак і окалина повинні бути видалені з кромок, що зварюються, після кожного проходу зварного шва при багатопрохідному зварюванні.

F.3.2 Деталі з алюмінієвих сплавів

Повинні використовуватися відповідні розчинники або механічні засоби для видалення масла, мастила, незмивного маркування та всіх інших забруднень зі зварюваних поверхонь.

Оксидні плівки повинні бути видалені з поверхонь, що з'єднуються безпосередньо перед зварюванням механічним шляхом або відповідними хімічними засобами.

F.4 СТИКОВІ ШВИ

F.4.1 Загальні положення

Всі стикові зварні шви повинні забезпечувати повний провар і виконуватися з обох сторін, за винятком листів товщиною 2мм і менше, для яких допускається односторонній шов. Спочатку виконується зварювання з одного боку, потім зачищається корінь шва і завершується зварюванням з іншого боку.

Стикові шви можуть виконуватися тільки з одного боку при способі зварювання на підкладці з того ж матеріалу, що і матеріал зварюваних деталей. Деталі такого способу повинні бути відображені в таблиці зварювання.

Нижче наведено загальні рекомендації щодо підготовки кромок для зварювання стикових швів.

F.4.2 Підготовка кромок листів під зварюванняіз сталі

Необхідно дотримуватися наступних загальних правил для способів зварювання MMA, SAW, MIG та TIG:

• без оброблення кромок під зварювання: максимальна товщина 6,5мм для ручного зварювання; 19мм для автоматичного зварювання;

• V-подібне оброблення кромок (кут між кромками 60º): максимальна товщина 19мм для ручного зварювання і 25мм для автоматичного зварювання;

• X-подібне оброблення кромок (кут 60°): будь-яка товщина.

F.4.3 Підготовка кромок листів під зварювання із алюмінієвого сплаву

Необхідно дотримуватись наступних загальних правил для способів зварювання MIG і TIG:

• без оброблення кромок під зварювання: максимальна товщина 6мм;

• V-подібне оброблення кромок (кут між кромками 60°): максимальна товщина 25мм;

• X-подібне оброблення кромок (кут 60°): будь-яка товщина.

F.4.4 Зазори та оброблення кореня шва

Зазори та оброблення кореня шва повинні забезпечувати доступ електрода або зварювального дроту для забезпечення проварювання.

F.4.5 Кутові (таврові) шви

F.4.5.1 Загальні положення

Стінки набору та інших конструкцій повинні приварюватися до обшивки або настилу тавровими швами.

Таврові шви, що зазнають високих місцевих напружень, наприклад, в районах передачі навантаження, таких, як з'єднання кінців набору, з'єднання з кницями, які забезпечують підтримку навантажених елементів, повинні бути безперервними і виконуватися по обидва боки елементів. Наприклад, зварювання двостороннім тавровим швом викружки гребного валу, з товщиною шва, що визначається за формулою (F.4.5.3-1) щодо $s_W/l_W = 1{,}0$.

Суцільний двосторонній кутовий (тавровий) шов рекомендується застосовувати також у місцях, схильних до корозії, наприклад, у трюмах, цистернах для води і палива або в просторах та місцях конденсації, випарів або скупчення води.

У всіх випадках, коли передбачено суцільний двосторонній кутовий (тавровий) шов, необхідно обварювати кромки вирізів або закінчень стінок ребер жорсткості.

У слабонавантажених місцях, які не піддаються корозії, може використовуватися переривчастий шаховий шов.

При цьому довжина провару повинна становити не менше 10*t*, але не більше 75мм. Максимальна довжина проміжку без шва по будь-якій стороні стінки не повинна перевищувати 25*t*.

Якщо зазор між елементами таврового з'єднання перевищує 1мм, катет шва повинен бути збільшений на величину зазору мінус 1мм.

F.4.5.2 Шви в районі з'єднань та закінчень набору

При встановленій книці довжина приварювання стінки набору до обшивки в районі книці повинна становити, як правило, не менше 1,5 висоти стінки. Зварювання повинне проводитися двостороннім безперервним швом, товщина якого визначається за формулою (F.4.5.3-1).

З'єднання внапусккниці з елементом набору, який приєднується, повинно, як правило, забезпечувати перекриття не менше 25мм або висоту, необхідну для доступу при зварюванні по всьому периметру з'єднання.

Якщо елементи набору, наприклад, стінки і фланці, з'єднуються один з одним без підкріплення кницями або іншими елементами, вони повинні зварюватися між собою двостороннім суцільним швом завтовшки, що визначається за формулою (F.4.5.3-1).

Якщо елементи набору корпусу з'єднуються внапуск без книць, вони повинні приварюватися один до одного по всьому периметру з'єднання суцільним кутовим швом з двох сторін, товщиною, що визначається за формулою (F.4.5.3-1). У такому випадку загальна площа поперечного перерізу з'єднання внапуск, як правило, повинна бути не менше площі поперечного перерізу меншого з елементів, які з'єднуються.

F.4.5.3 Розміри кутового (таврового) шва

Кутові (таврові) зварні шви повинні бути трикутними в поперечному перерізі з катетом шва *K* вздовж всієї довжини шва на кожному з елементів, що з'єднуються (див. рис. F.1).

Міцність кутового шва залежить від товщини шва.

Товщина кутового шва залежить від товщини елементів, що з'єднуються, і району розташування зварного шва, наприклад, у зоні з високим або низьким навантаженням.

Базова товщина кутового шва *a* не повинна бути меншоювідвизначеної за формулами (F.4.5.3-1) і (F.4.5.3-2) (див. рис. F.1), мм:

$$a \geq 0,70 \times t \times C \times \frac{s_W}{l_W} + 1 \qquad \text{(F.4.5.3-1)}$$

$$a \geq 0,70 \times K \qquad \text{(F.4.5.3-2)}$$

де: t - товщина елементів, що з'єднуються, мм;

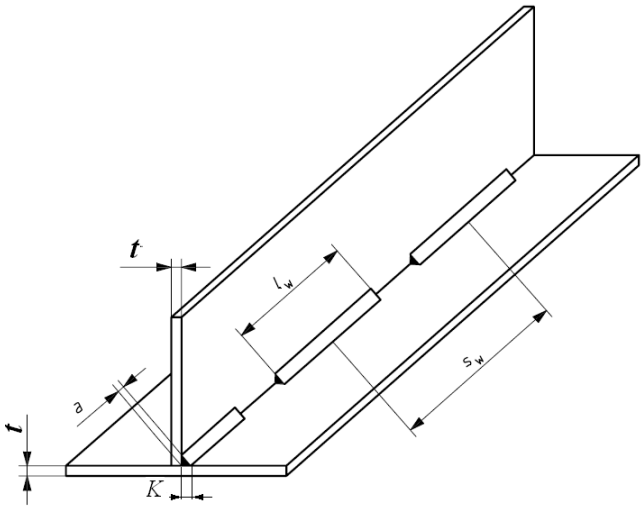
C – фактор зварювання, визначається за табл. F.2;

l_W - довжина суцільного провару при шаховому переривчастому виді шва, мм;

s_W - відстань між центрами ділянок провару при шаховому переривчастому виді шва, мм;

K – катет зварювального шва, мм.

Товщина шва не повинна бути меншою від значень, визначених за формулою (F.4.5.3-1) або наведених у табл. F.1, в залежності від того, що більше.



Позначення: t - товщина елементів, що з'єднуються;a – товщина шва; l_W - довжина суцільного провару при шаховому переривчастому вигляді шва; s_W - відстань між центрами ділянок провару при шаховому переривчастому вигляді шва; K – катет зварювального шва.

Рис. F.1 Розміри переривчастого зварного шва

Таблиця F.1 **Мінімальна товщина кутового (таврового) шва**

Товщина листів з'єднувальних деталей, *t*, мм	**Мінімальна товщина кутового (таврового) шва, *a*, мм**
$t \le 3$	2,0
$3 < t \le 4$	2,0
$4 < t \le 5$	2,5
$5 < t \le 10$	3,0
$10 < t \le 15$	3,5
$t > 15$	4,0 або (0,20 ×*t*), що більше

F.4.5.4 Загальна довжина переривчастого кутового (таврового) шва

Загальна довжина переривчастого кутового (таврового) зварного шва повинна складати не менше:

• 50% загальної довжини з'єднання для днища та борту, включаючи вбудовані цистерни;

• 40% від загальної довжини з'єднання в інших зонах судна.

Товщина зварного шва повинна відповідати вимогам табл. F.1 або F.2 [через формулу (F.4.5.3-1)], в залежності від того, що більше. Кінці всіх ребер жорсткості повинні приварюватися до обшивки двостороннім швом на довжині 75мм від кінців.

F.4.6 Кваліфікаційні випробування зварювальників

Випробування кваліфікації зварювальників проводяться виконанням стикового зварного шва на підкладці. Зазори між листами, оброблення кромок і положення зварювання повинні бути такими ж, як на виробництві згідно таблиці зварювання. Кваліфікаційні випробування виконанням кутових (таврових) швів повинні проводитися з використанням деталей та положень зварювання, що застосовуються на виробництві згідно з таблицею зварювання.

Якість отримуваних зварних швів повинна бути перевірена неруйнівними або руйнівними методами контролю.

Відхилення від вимог підготовки кромок, зазначених у **F.4.2** та **F.4.3** вище, можуть бути прийняті на підставі задовільних результатів кваліфікаційних випробувань зварювальника.

Таблиця F.2 **Значення фактору зварювання**

Елементи конструкції		**Фактор зварювання**	
		Сталь	**Алюмінієвий сплав**
1	**2**	**3**	**4**
Флори, днищові шпангоути, днищовікниці	До обшивки днища	0,16	0,18
	До днища в районі: гребних гвинтів, балера стерна, машинного відділення	0,25 ДШ*	0,25 ДШ*
	До днища і пояскам	0,12	0,14
Флори і днищові шпангоути	До днищових книць	0,30 ДШ	0,30 ДШ
Днищовікниці	До перегородок, шпангоутів або до флор	0,30 ДШ	0,30 ДШ
Рамні шпангоути борту	До зовнішньої обшивки	0,14	0,16
	До зовнішньої обшивки в районі: гребних гвинтів, балера стерна, машинного відділення	0,25 ДШ	0,25 ДШ
	До подвійного дна або до поясків	0,12	0,14
Книці, шпангоути і стрингери	До обшивки борту	0,14	0,16
	До настилу палуби і перегородкам в районі цистерн	0,16	0,18
	До настилу палуби поза межами району цистерн	0,14	0,16
	До поясків		
Бімси, карлінгси і ребра жорсткості	До настилу палуби	0,12	0,14
	До цистерн і до носової стінки рубки	0,12	0,14
	До непроникних перегородок, до бокових і до кормової стінки рубки	0,12	0,14
Фундамент головного двигуна	До зовнішньої обшивки і до поясків	0,40 ДШ	0,40 ДШ

Закінчення таблиці F.2 **Значення фактору зварювання**

Елементи конструкції		**Фактор зварювання**	
		Сталь	**Алюмінієвий сплав**
1	**2**	**3**	**4**
Перегородки і контур цистерн	Внутрішні проникні	0,14	0,16
	Водонепроникні або проникні під впливом моря	0,38 ДШ	0,38 ДШ
	Контур цистерн	0,40 ДШ	0,40 ДШ
Настил палуби	Проникні внутрішні палуби	0,25	0,25
	Непроникний під впливом моря	0,38 ДШ**	0,38 ДШ**
	Під значним навантаженням	0,38 ДШ**	0,38 ДШ**
В місцях закінчення з’єднань	Елементи набору з кницями	0,40 ДШ	0,40 ДШ
	Книці з обшивкою, палубою або перегородкою	0,40 ДШ	0,40 ДШ
	Елементи набору між собою без книць	0,50 ДШ	0,50 ДШ
	Путенси з обшивкою або іншими елементами корпусу	0,50 ДШ	0,50 ДШ
Стерна	Перемички з обшивкою стерна	0,30	0,30
	Горизонтальні перемички з вертикальними або з балером	0,50 ДШ	0,50 ДШ
Бракети дейдвудної труби	До дейдвудної труби або до посиленої зовнішньої обшивки	Повне заплавлення зазорів	

* ДШ позначає двосторонній суцільний шов
** У випадку, якщо товщина листів палуби становить менше 12,5мм, з внутрішньої сторони стиковий зварний шов може бути переривчастим.

ДОДАТОК G

СПРОЩЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СУДЕН ПРИБЕРЕЖНИХ 2 ÷ 5 РАЙОНІВ ПЛАВАННЯ

G.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Якщо для визначення розмірів елементів корпусу суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання застосовувалися спрощені вимоги **Додатку А** цієї частини Правил відповідно до **5.1.5**, для таких суден може застосовуватися спрощений метод проектування корпусних конструкцій цього Додатку.

Корпус судна може виготовлятися з АВ-пластику (одношарового або тришарового), алюмінієвих сплавів або сталі, фанери, рейкової обшивки або зі шпону, сформованого за місцем.

G.2 МІЦНІСТЬ І ЖОРСТКІСТЬ КОРПУСУ

G.2.1 Товщина пластин і місцева жорсткість

.1 Пластини зовнішньої обшивки, палуби і надбудов та рубок повинні відповідати мінімальним вимогам до товщини згідно з **Додатком А** цієї частини Правил. При цьому місцева ширина пластини *b* повинна прийматися як ширина, що вимірюється між елементами жорсткості по краях пластини. Ці елементи можуть бути встановлюваними елементами жорсткості (ребрами жорсткості, перегородками, стінками банок, гофрами тощо) або «звичайними» елементами жорсткості, такими, як скули зі зломом або заокругленням, лінія борту, злам обшивки на кілі. Вимірювання ширини *b* у разі встановлюваних і звичайних елементів жорсткості проводиться згідно до **3.3**.

.2 Для того, щоб розглядати як ребро жорсткості для цієї мети, цей елемент повинен сприймати навантаження. Це означає, що елемент жорсткості повинен мати достатню міцність, щоб чинити опір будь-якому вигину пластини обшивки між елементами, тобто елементи жорсткості повинні незначно прогинатися разом з пластиною. Для ребер жорсткості типу шпангоутів або стрингерів із склопластику, дерева або металу звичайної форми мінімальні розміри для забезпечення адекватної жорсткості визначаються згідно з **Додатками А** і **D** цієї частини Правил.

.3 Елементи жорсткості, які сприймають навантаження, повинні надійно з'єднуватися з прилеглою обшивкою механічним кріпленням, приформовуванням, приклеюванням, зварюванням або будь-яким іншим придатним для матеріалу способом. Кріплення ребра жорсткості до обшивки корпусу повинно виконуватися таким чином, щоб звести до мінімуму в будь-якій точці навантаження, які можуть призвести до локальної деформації обшивки. Інші способи кріплень, які забезпечують необхідну загальну жорсткість пластини і ребра жорсткості, підлягають узгодженню з Регістром, за умови надання необхідних обгрунтувань і розрахунків при необхідності.

G.2.2 Загальна жорсткість конструкції корпусу

G.2.2.1 Загальні положення

Товщина пластин обшивки, яка визначається відповідно до **Додатку А** цієї частини Правил, повинна забезпечити не тільки місцеву жорсткість конструкції, але і забезпечити загальну жорсткість корпусу, достатню для запобігання деформаціям, які можуть призвести до пошкодження. Визначення типів суден (***A, B, C, D*** і ***E***) – див. **1.2.2** частини IV «Остійність, непотоплюваність і надводний борт» цих Правил.

G.2.2.2 Відкриті судна

Судна без настилу палуби повинні мати додаткове посилення по периметру зовнішньої обшивки (планшир/привальний брус, фланець або профіль) для надання жорсткості верхній кромці зовнішньої обшивки. У розривах периметра (наприклад, на куті транця) конструкція повинна бути підкріплена додатковими матеріалами або кницями із заокругленням відповідного радіусу.

Для невеликих суден банки можуть бути використані для забезпечення додаткової поперечної жорсткості. В цьому випадку їх кінці повинні надійно прикріплюватися до обшивки корпусу таким чином, щоб місце з'єднання сприймало навантаження без зосереджених зусиль та деформації (див. рис. 5.3.3.5).

G.2.2.3 Частково закриті судна

На таких суднах наявна частина палуби повинна міцно з'єднуватися із зовнішньою обшивкою для виключення місцевих деформацій. Палубний набір не повинен передавати зосереджені навантаження на зовнішню обшивку (див. **5.5.3**). Щоб уникнути концентрації напружень у конструкції палуби слід уникати гострих кутів (див рис. 5.3.3.5).

G.2.2.4 Палубні судна

З'єднання зовнішньої обшивки і настилу палуби на таких суднах повинно запобігати переміщенню настилу палуби незалежно від зовнішньої обшивки. На суднах, що мають внутрішні приміщення, ця вимога виконується за рахунок встановлення перегородок або напівперегородок, плавного з'єднання бімсів із шпангоутами борту або розкосами.

Для невеликих суден з суцільною палубою, де внутрішній простір між корпусом і палубою важкодоступний, достатня жорсткість з'єднання може бути досягнута шляхом склеювання або формування зовнішньої обшивки до палуби або флорам кокпіту або безпосередньо, або через внутрішній елемент, призначений для цієї цілі.

G.2.3 Розподіл навантаження

Елементи корпусу повинні забезпечувати плавну передачу навантаження по всьому корпусу, що забезпечується таким:

• ребра жорсткості не повинні різко перериватися, але продовжуватися іншими конструкціями, щоб уникнути точок концентрації будь-якого навантаження, або закінчення повинні виконуватися «на вус»;

• зосереджені навантаження не повинні прикладатися в місцях обшивки або настилу, які не підтримуються елементами набору. При необхідності повинні встановлюватись додаткові підкріплення або опорні елементи (наприклад, пілерси);

• вирізи в обшивці корпусу, настилі палуби або в інших несівнихконструкціях, повинні мати заокруглення. Гострих кутів слід уникати.

ДОДАТОК Н

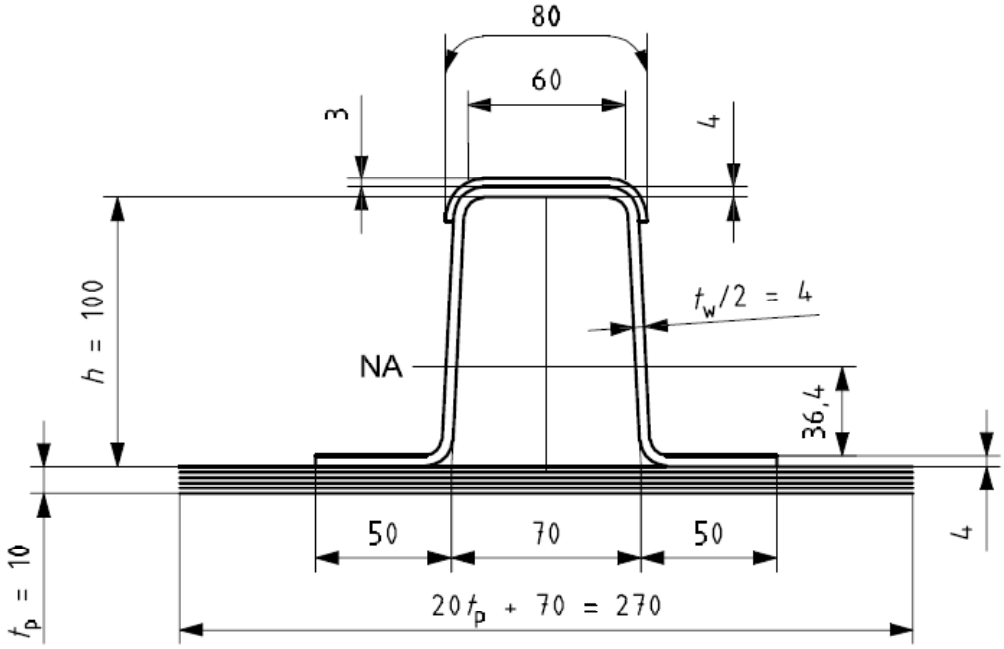
ВИЗНАЧЕННЯ ДОТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В РЕБРАХ ЖОРСТКОСТІ, ЯКІ ПРИКРІПЛЮЮТЬСЯ ДО ОБШИВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛЕЮ АБО ЗАКЛЕПОК

Н.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У цьому Додатку викладено продовження застосування методів розрахунку ребра жорсткості, наведених у **Додатках D** і **E** цієї частини Правил. Розглядаються тільки питання міцності і жорсткості з'єднання ребер жорсткості з прилеглою обшивкою.

Н.2 ДОТИЧНЕ НАПРУЖЕННЯ І ДЕФОРМАЦІЯ ЗСУВУ ВСЕРЕДИНІ РЕБРА ЖОРСТКОСТІ

Використовується приклад П-подібного ребра жорсткості, наведений у **Додатку Е.**



Позначення: N.A. - нейтральна вісь; h - висота ребра жорсткості; t_P – товщина пластини; t_W – сумарна товщина стінок трапеції.

Рис Н.1. П-подібне ребро жорсткості. Розміри наведені в мм.

Деформація зсуву q, Н/мм, визначається згідно з **Е.2.1.7 Додатку Е**.
Для полоси обшивки шириною 1мм:

$$q = F\frac{Q \times E}{E \times I_{\mathrm{NA}}} \qquad \text{(Н.2-1)}$$

і для ребра жорсткості:

$$q = \frac{F \times E \times A \times z_{\mathrm{CANA}}}{E \times I_{\mathrm{NA}}} \qquad \text{(Н.2-2)}$$

де: F - максимальна перерізуюча сила, Н;
Q – статичний момент площі поперечного перерізу, мм^3;

E - модуль пружності у площині ребра жорсткості, Н/мм^2;
$E \times I_{NA}$ - жорсткість на вигин комбінації ребра жорсткості та обшивки навколо нейтральної осі, в Н·мм^2;
A - площа поперечного перерізу від точки зовнішнього краю ребра жорсткості, мм^2;
z_{CANA} - висота центру ваги площі A над нейтральною віссю, мм.

У колонці 23 табл. Е.4 **Додатку Е** деформація зсуву змінюється від нуля на верхніх або нижніх краях ребра жорсткості до 255Н/мм в районі нейтральної осі і становить 225Н/мм для з'єднання обшивки та фланців ребра жорсткості.

Як і в таблиці, критичними є зусилля в ламінаті та клейовому з'єднанні. Середнє дотичне напруження в нижньому фланці τ_{ave} розраховується за формулою:

$$\tau_{ave} = \frac{225}{100} = 2{,}25 \qquad (Н.2\text{-}3)$$

і фактор податливості C_f визначається за формулою:

$$C_f = \frac{\tau_d}{\tau_{ave}} = \frac{8{,}2}{2{,}25} = 3{,}64 \qquad (Н.2\text{-}4)$$

Н.3 ДОПУСТИМІ ДОТИЧНІ НАПРУЖЕННЯ У ЛАМІНАТІ АБО В КЛЕЄВОМУ З'ЄДНАННІ

У методі, описаному в цьому Додатку, враховуючи важливість міцності клейового з'єднання, в першу чергу визначаються напруження, які допускаються в ламінаті або клейовому з'єднанні.

Розподіл напружень у ламінаті або клейовому з'єднанні відбувається складно. Формули (Н.2-1) ÷ (Н.2-4) для визначення деформації зсуву та напружень є спрощеними і не дозволяють оцінити концентрації напружень. Крім того, в'язко-пружна природа клеїв вимагає, щоб напруження, які допускаються, були низькими, щоб обмежити повзучість і забезпечити довговічність з'єднання.

З цих причин, для розрахункових зусиль в з'єднанні потрібен більш високий коефіцієнт запасу міцності, в порівнянні з конструкційними матеріалами, такими, як пластик, дерево або метал.

Тому допустиме дотичне напруження в з'єднанні τ_{ds} розраховується за формулою, Н/мм^2:

$$\tau_{ds} = 0{,}2 \cdot \tau_{us} \qquad (Н.3)$$

де: τ_{us}– границя міцності на зсув у з'єднанні.

Дані повинні призначатися згідно табл. Н.1, якщо значення не визначаються за результатами спеціальних випробувань.

Таблиця Н.1 **Номінальні і допустимі дотичні напруження в ламінаті або клейовому з'єднанні**

Клей	**Границя міцності на зсув у з'єднанні,** τ_{us}, Н/мм^2	**Допустиме дотичне напруження у з'єднанні,** τ_{ds}, Н/мм^2
Поліефірна або вініл - ефірна смола чи паста	15	3
Епоксидний клей холодного затвердіння	27	5,4
Паста епоксидного виду	40	8

У нижній частині табл. Е.4 **Додатку Е** наведено значення цієї міцності для з'єднання. Для шару з поліефірної смоли або пасти, допустиме дотичне напруження в з'єднанні становить 3Н/мм^2, як зазначено в табл. Н.1. Отже, для фактора податливості C_f є прийнятним значенням:

$$C_f = \frac{\tau_{ds}}{\tau_{us}} = \frac{3}{2{,}24} = 1{,}33$$

Для інших клеєних ребер жорсткості, особливо дерев'яних, той же спосіб може бути використаний для оцінки зусиль у клейовому з'єднанні шпону. Однак співвідношення розмірів ребра жорсткості, які наведені в **Додатку D**, такі, що напруження в клеєному ребрі жорсткості зазвичай не є критичним.

Н.4 ЗНАЧЕННЯ k_j

Значення коефіцієнта k_j для ребер жорсткості згідно з **5.5.6.4** наведені в табл. Н.2. При обчисленні допустимих дотичних напружень поза шаром використовуються два перші значення клейового з'єднання з табл. Н.1 для клею/пасти та значення за замовчуванням для тканин із **Додатку В** до частини XII «Матеріали» цих Правил. Значення τ_d та k_j округлені до найближчого цілого числа; b_a є шириною полоси склеювання.

Примітка. У табл. Е.4 **Додатку Е** можна побачити, що деформація зсуву в сполученні (225Н/мм) дещо нижча, ніж на рівні нейтральної осі (255Н/мм), тому значення, зазначені в табл. Н.2, мають також невеликий запас міцності.

Таблиця Н.2 **Границя міцності при зсуві і допустимі дотичні напруження**

Поліефірні і вініл-ефірні смола / клей / паста							**Епоксидні смола / клей / паста холодного затвердіння**						
τ_d ламінату, клею або пасти із табл. Н.1	Значення b_a/t_W для τ_d клея						τ_d ламінату, клею або пасти із табл. Н.1	Значення b_a/t_W для τ_d клея					
	Поза шаром згідно **11.4.1**			Значенне k_j із **5.5.6.4**				Поза шаром згідно **11.4.1**			Значенне k_j із **5.5.6.4**		
3,0							**5,4**						
ψ	τ_d	DB ±45° τ_d	Quad τ_d	MR	DB ±45°	Quad	ψ	MR τ_d	DB ±45° τ_d	Quad τ_d	MR	DB ±45°	Quad
	Н/мм^2							Н/мм^2					
0,35	33	59	36	11	20	12	0,35	33	59	36	6	11	7
0,40	35	63	39	12	21	13	0,40	35	63	39	6	12	7
0,45	37	67	41	12	22	14	0,45	37	67	41	7	12	8
0,50	39	70	43	13	23	14	0,50	39	70	43	7	13	8
0,55	41	74	45	14	25	15	0,55	41	74	45	8	14	8
0,60	43	77	47	14	26	16	0,60	43	77	47	8	14	9

Примітка .Значення, що обчислюються, виділені сірим фоном.
Позначення:
MR – CSM/WR (мат із рубаних волокон з покриттям ровінговою тканиною)
DB±45° – біоксіальна двошарова тканина
Quad – збалансована квадроаксіальна тканина (0/45/90/-45)

Н.5 ПРИБЛИЖЕНА ОЦІНКА ДЕФОРМАЦІЇ ЗСУВУ

При наближеній оцінці деформації зсуву поперечна сила F_d поділяється по висоті між верхнім і нижнім частинами фланця щодо центру ваги. Цей спосіб може бути використаний тільки для попереднього розрахунку.

У разі прикладу, наведеного в табл. Е.4 **Додатку Е**, загальна висота ребра жорсткості становить 121мм. Від неї віднімаються половина товщини двох верхніх фланців (7/2 = 3,5мм) та половина товщини прилеглої обшивки (10/2 = 5мм). Висота для грубої оцінки становить:

h_{eq} = 121 - 3,5 - 5 = 112,5мм.

Наближене значення деформації зсуву q розраховується за такою формулою:

$$q = \frac{F_d}{h_{eq}} = \frac{26950}{112,5} = 240 \text{ Н/мм}$$

Значення q знаходиться між максимальним значенням 255Н/мм і значенням на фланцях, що приєднуються, 225Н/мм.

Це значення можна використовувати для попередньої оцінки клейового з'єднання, і це жзначення, помножене на 1,10, можна використовувати придокладніших розрахунках для забезпечення запасу міцності.

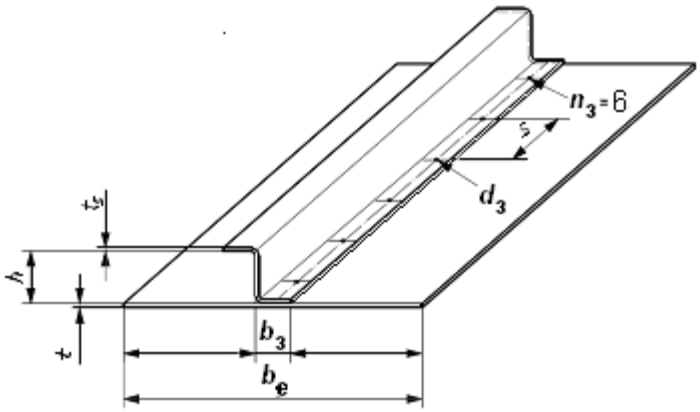
Н.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ З'ЄДНАННЯ НА ЗАКЛЕПКАХ

Н.6.1 Теоретичне обґрунтування

Після описаного вище обчислення деформації зсуву для клейового з'єднання, зусилля для кожноїзаклепкиf_3 обчислюється за формулою, Н:

$$f_3 = \frac{q \times s}{n_3} \qquad (Н.6.1)$$

де: s - крок заклепок, мм; n_3 - кількість заклепок у ряду.



Позначення:

b_3 - ширина полоси з'єднання; b_e - ширина приєднаного пояска; d_3 - діаметр заклепки;
h - висота стінки ребра жорсткості; n_3 - кількість заклепок у рядку; s – крок заклепок;
t_S – товщина фланця ребра жорсткості; t – товщина листа обшивки.

Рис. Н.2. Ескіз приклепаного ребра жорсткості

Н.6.2 Критерій розрахунку

Зусилля для заклепки, f_r, не повинно перевищувати розрахункове зусилля, яке можуть передавати заклепки і яке приймається найменшим за результатами розрахунків згідно з формулами (Н.6.2-1), (Н.6.2-2) і (Н.6.2-3) .

Відносне зусилля в заклепці f_{3s} визначається за формулою, Н:

$$f_{3s} = \frac{\tau_d \times \pi \times d_3^{\,2}}{4} \qquad (Н.6.2\text{-}1)$$

Зусилля зминання в заклепці з боку нижнього фланця ребра жорсткості $f_{3b\ РЖ}$ визначається за формулою, Н:

$$f_{3b\ РЖ} = 1{,}8 \times \sigma_d \times d_3 \times t_s \qquad (Н.6.2\text{-}2)$$

Зусилля зминання в заклепці з боку обшивки $f_{3bпл}$ визначається за формулою, Н:

$$f_{3b\ Пл} = 1{,}8 \times \sigma_d \times d_3 \times t \qquad (Н.6.2\text{-}3)$$

де: d_3 - діаметр заклепки в мм;

τ_d – допустиме дотичне напруження в заклепці відповідно до **3.4.3**, Н/мм^2;

σ_d – допустиме напруження при розтягуванні відповідно до **3.4.3** для ребра жорсткості, Н/мм^2;

t_S і t– товщини, мм (див. рис. Н.2).

ДОДАТОК I

СПРОЩЕНА ОЦІНКА ГРАНИЦІ ВТОМЛЕНОСТІ МАТЕРІАЛУ БАЛАСТОВИХ КІЛІВ

Нижченаведені методи і процедури призначені для забезпечення чіткого і простого підходу, який може бути використаний проектантом/будівельником судна без застосування спеціальних знань про втомленість (витривалість) матеріалу.

I.1 ПРИКЛАДИ РУЙНУВАНЬ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС ДІЇ ВТОМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Навантаження менших значень, ніж ті, що розраховуються в **3.5**, призводять до більш раннього руйнування конструкцій:

• повороти при зміні галсів - як правило, 10^4 зміни напряму дії навантаження протягом терміну експлуатації судна;

• різкі ривки - як правило, 10^5 змін амплітуди навантаження протягом терміну експлуатації судна;

• явище флаттера - як правило, 10^6 змін напряму навантаження протягом терміну експлуатації судна.

Зазвичай значення цих змінних напружень будуть набагато нижчими, ніж ті, що виникають від «статичних» навантажень, які визначаються в **3.5**. У багатьох випадках напруження матиме значення приблизно від нуля до середнього.

Примітка. Фла́ттер (англ. від flutter «тремтіння, вібрація») — поєднання само збудливих незгасальних згинальних і крутних автоколивань елементів конструкції.

I.2 ПРОЦЕДУРА ОЦІНКИ ТЕРМІНУ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ

I.2.1 Загальні положення

Процедури, представлені в цьому підрозділі, можуть бути використані для мінімізації можливості втомного руйнування. Першорядне значення має метод розрахунку терміну експлуатації.

I.2.2 Проектування

Підхід до проектування і конструктивні рішення можна знайти у розділах **4 ÷ 6** цієї частини Правил.

I.2.3 Розрахунки

I.2.3.1 Номенклатура даних

Використовуються два різні типи даних навантажувальних циклів при розрахунках втомленості, *S-N* дані та σ-*n* дані.

а) *S-N* дані

Якщо конструкція випробує діапазон зусиль (від піку до піку значення, або $\Delta\sigma$) значенням *S* в Н/мм^2, то втомне руйнування (перелом) відбудеться після *N* циклів зміни навантаження. Графік *S-N* даних (крива Велера) являє собою криву з амплітудою, що дорівнює діапазону напружень *S*, і з числом циклів зміни навантаження до руйнування *N*. Графік будується експериментальним шляхом і не відноситься до історії навантажень конкретного судна.

б) σ-*n* дані

Будь-яке судно протягом свого терміну експлуатації зазнає навантаження, яке може бути представлене у вигляді ряду фактичних діапазонів напружень σ (тобто випробуваних) для заданого числа циклів зміни напруження*n* (тобто випробуваних). Ці дані, залежать тільки від розмірів елементів конструкцій судна та терміну експлуатації, можна оцінити лише на стадії проектування.

Для того, щоб зберегти цю відмінність, *S* і *N* використовуються для комбінацій руйнування, в той час як σ і *n* використовуються для фактичних комбінацій (або оцінок) судна, що випробовується.

I.2.3.2 Фактор підсумовування Майнера (MSF)

Для кожного навантаження (кут крену, курс, стан моря) максимальне та мінімальне напруження визначаються цифровими методами (різниця між σ_{max} та σ_{min} дає діапазон напружень σ_i і оцінка проводиться для всієї кількості циклів випробувань (*n*).

Графік *S-N* будується для деталей конструкцій, які розглядаються, а у випадку композитних матеріалів повинен відображати шари. Цього можна досягти шляхом вибору відповідної класифікації зварних матеріалів і пов'язаного з ними графіка ***S-N*** або шляхом корекції графіка ***S-N*** для базового матеріалу (тобто до використання зварювання) для місць концентрації напружень визначенням границі втомленості.

Для кожного варіанта навантаження (випадок навантаження *i*, що складається з σ_i та n_i) повинно бути знайдено відношення кількості циклів випробувань (n_i), поділеної на кількість циклів, яка може призвести до втомного руйнування (N_i). Фактор підсумовування Майнера (MSF) є сумою цих відношень для всіх випадків навантаження *n*.

MSF > 1 означає, що з теорії конструкція може зазнати втомного руйнування протягом терміну експлуатації судна.

MSF знаходиться як сума:

$$\mathrm{MSF} = \sum_{1}^{n} \frac{n_i}{N_i} \qquad (1.2.3.2)$$

ПРИКЛАД: значення MSF за розрахунком становить 1,75. Довговічність конструкції з втомної міцності становить 1/1,75 = 0,57, тобто. 57% від передбаченого розрахункового терміну експлуатації судна. Відповідно до **I.3.1** це означає близько 17 років для типового прогулянкового судна.

Однак це не означає, що судно є безпечним до закінчення цього терміну. Розрахунки не повинні розглядатися як досить точні для цієї мети, і призначені тільки як виявлення втомної міцності, як проблеми. Потім, для досягнення гарного результату, необхідно застосовувати складніший метод. Докладніше див. **I.4**.

I.2.3.3 Спрощений метод розрахунку

За умовчанням для спрощення можна використовувати метод розрахунку, наведений у **I.3.** Слід виявляти обережність та враховувати його обмеження.

I.2.4 Метод оцінки оглядом

I.2.4.1 Загальні положення

Метод огляду зазвичай складається з наступного:

• стандартний візуальний технічний нагляд, наприклад, у місцях концентрації напружень. Деталі повинні перевірятися щодо виявлення пошкодження фарби або тріщин гелькоуту, отвори для болтів повинні бути перевірені на ознаки «овальності»;

• неруйнівні методи контролю, які використовуються для виявлення тріщин, наприклад капілярний, ультразвуковий та інші.

I.2.4.2 Рекомендації до Керівництва для власника судна

Коли це рекомендується виробником, метод та процедури такої перевірки повинні бути чітко зазначені у Керівництві для власника судна.

I.3 СПРОЩЕНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ (МЕТОД «ЗА УМОВЧАННЯМ»)

I.3.1 Обмеження під час використання спрощеного методу

Основне призначення спрощеного методу розрахунку полягає у функції індикатора. Низьке значення MSF, згідно з **I.2.3.2**, може означати, що подальший розрахунок втомної міцності не є необхідним. Помірне і високе значення MSF є підставою для подальшого дослідження втомної міцності. При MSF > 0,5 слід розпочинати більш детальний інженерний розрахунок.

Вважається, що термін експлуатації судна включає 8 млн. циклів зміни напружень. Це твердження ґрунтується на передбачуваному робочому режимі експлуатації - встановлені в різний час у різних комбінаціях вітрила, середня кількість змін галсів, середній період хитавиці при попутному вітрі, типовий період хвильового впливу, оцінюваний кут крену - і має на меті надати очікуване навантаження.

Такі умови відповідають приблизно 25 ÷ 30 років експлуатації прогулянкового вітрильного судна (від помірної до інтенсивної). Це становить 15% від кількості циклів, які зазвичай використовуються для оцінки втомної міцності судна.

Головна увага при спрощеному методі приділяється руйнуванню кріплення кіля в його основі від переважаючого поперечного вигину, викликаного хитавицею та/або зміною галсів.

Плавник кілей із сталі або алюмінію може бути виточеним, відлитим або звареним. Зварні шви можуть знаходитися в місцях концентрації напружень. Це не означає, однак, що інші ділянки конструкції кіля не схильні до втоми та стають непридатними для експлуатації. Докладніше див. **I.3.4.3.**

Діапазон напружень (σ_i і n_i) представлений спектром окремих «лінійних» кривих на основі аналізу загальновідомих методів. Діапазон напружень приймається як півторакратна амплітуда напруження при навантаженні **1** (нерухомий кіль) або у випадку навантаження **2** (кіль, що коливається). Йому відповідає відношення R= – 0,5, де R є мінімальним/максимальним напруженням і займає проміжне положення між зміною знаку зусилля (R = –1) та повтором (R = 0). Докладніше див. **I.3.2.**

I.3.2 Визначення максимального діапазону напружень (при зміні напрямку прикладання зусилля) при навантаженні 1 (нерухомий кіль) або при навантаженні 2 (кіль, що коливається)

Максимальне фактичне напруження $\sigma_{ACT(PEAK)}$ приймається 1,5 рази більшим за номінальне напруження σ_{NOM}, а для основи кіля помножується на відповідний поправочний коефіцієнт напруження, k_{COR}. Коефіцієнт, що дорівнює 1,5, застосовується, так як спрощений метод розрахунку втоми заснований на проміжному випадку між повною зміною знаку напруження і повтором. Це означає, що кіль сприймає напруження від $+(k_{COR}\times\sigma_{NOM})$ до $-(k_{COR}\times\sigma_{NOM})$, надаючи діапазон напружень $1{,}5 \times (k_{COR}\times\sigma_{NOM})$, із середнім зниженням напруження $0{,}25 \times (k_{COR}\times\sigma_{NOM})$. Таким чином, максимальне фактичне напруження визначається за формулою, Н/мм^2:

$$\sigma_{ACT\,(PEAK)} = 1{,}5 \times (k_{COR}\times\sigma_{NOM}), \qquad \text{(I.3.2-1)}$$

де: σ_{NOM}- максимальне пікове напруження при оцінці основи кіля, отримане при діленні згинального моменту під час навантаження **1** або **2** на момент опору поперечного перерізу плавника, Н/мм^2;

k_{COR} – коефіцієнт, який коригує напруження і визначається за формулою:

$$k_{COR} = k_{MOD}\times k_{CONS}\times k_{THK}\times k_{CANT} \qquad \text{(I.3.2-2)}$$

і з k_{MOD}, номінальним (статичним) коефіцієнтом зміни напруження, який визначається за формулою:

$$k_{MOD} = \frac{\text{Максимальне напруження в точці нагляду}}{\text{Номінальне напруження у випадках навантаження } \mathbf{1} \text{ або } \mathbf{2}, \text{ тобто.}} \qquad \frac{M_{1.1} \text{ або } M_{2.1}}{W \text{ основи кіля}}$$

k_{MOD} - це колективний коефіцієнт, який підсумовує наявність локальної концентрації напруження внаслідок геометричної форми, динамічних ефектів збільшення і додаткового напруження у зв'язку з вертикальною і бортовою хитавицею та крутним моментом від кіля:

$$k_{MOD} = k_{MOD1}\times k_{MOD2}$$

Для зварних кілів геометричний ефект зварного шва допускається в ***S-N*** кривій, але може знадобитися подальше збільшення значення k_{MOD}.

Для кілів без фланця: k_{MOD1} = 1,0.

Для кілів з верхнім фланцем (звареним, виточеним або литим) місцеве напруження може бути підняте вище за номінальне значення. Для цілей спрощеного методу коефіцієнт визначається за такою формулою:

$$k_{MOD1} = \left(\frac{b_{MAX}}{r}\right)^{0,26} \qquad \text{(I.3.2-3)}$$

де: b_{MAX} - максимальна ширина плавника кіля, який примикає до фланця, не зважаючи на радіус заокруглення, мм;

r - радіус переходу кіля у фланець, але не більше r_{MAX}= 0,5(b_{FL} - b_{MAX}), мм,

b_{FL} – ширина фланця, мм;

k_{MOD2} – дозволяє врахувати вплив складних динамічних ефектів для напруження. Збільшення статичного напруження у випадках навантаження **1** або **2** за рахунок руху судна називають динамічним коефіцієнтом збільшення, який є складною функцією звичайного періоду коливань конструкції кіля і зовнішнього впливу під час руху судна. Крім того, напруження в точці може бути підвищено за рахунок наявності напруження зсуву від крутного моменту (при зміщеному кілі, наприклад, до корми) і напружень, обумовлених вертикальною і поперечною хитавицею. k_{MOD2} = 1,1.

Примітка.Всі ці коефіцієнти доповнюють коефіцієнт 1,4 вже включений для $M_{2.1}$ через формулу (2.6.2.2-1).

Коефіцієнт можливості поломки, k_{CONS}, становить 1,1 для суден необмеженого **M**, обмежених морських **MR1, MR2** і прибережного **1-го** районів плавання, та 1,0 для суден прибережних **2 ÷ 5** районів плавання.

Коефіцієнт відображає облік найсерйозніших наслідків втрати кіля для океанських і морських яхт.

Фактор товщини плавника, k_{THK}, визначається за такою формулою:

$$k_{THK} = 0{,}46 \times t_{FIN}^{0{,}25} \qquad \text{(I.3.2-4)}$$

де: t_{FIN} не повинна прийматися менше 22мм і не більше 35мм, і

k_{THK} = 1,0 для виточених/суцільних плавників.

Коефіцієнт товщини кіля k_{CANT}, становить 1,15 для кіля, що коливається, і 1,0 для нерухомого і кіля, що підіймається.

I.3.3 Визначення фактичної кількості циклів кожної групи діапазону напружень

Метод, який застосовується для цієї спрощеної процедури, полягає у використанні «орієнтовного» числа циклів зміни напружень та наведено в табл. I.1 та на рис. I.1.

Примітка. 10 циклів є передбачуваною кількістю разів для навантаження **1** або **2**, як очікується, щоб бути випробуваним протягом терміну експлуатації. Проектанти можуть вибрати більше значення.

Представлено одну криву, яка застосовується до суден усіх проектних категорій; k_{CONS} враховується в залежності від категорії. Ця крива розрахована на 8 мільйонів (тобто 8×10^6) циклів, як на загальну кількість циклів зміни напружень, яким піддається судно під час терміну експлуатації.

Таблиця I.1 **Нормалізований діапазон напружень, який повторює кількість циклів випробувань**

$F_{\sigma i} = \dfrac{\sigma_{ACT}}{\sigma_{ACT(PEAK)}}$	n_i
0,975	10
0,925	20
0,875	40
0,825	80
0,775	150
0,725	300
0,675	580
0,625	1 120
0,575	2 300
0,525	4 400
0,475	8 700
0,425	17 300
0,375	34 000
0,325	67 000
0,275	130 000
0,225	260 000
0,175	520 000
0,125	1 000 000
0,075	2 000 000
0,025	3 954 000
Усього	**8 000 000**

Як тільки $\sigma_{ACT(PEAK)}$ буде визначено згідно з I.**3.2** вище, σ_{ACT} визначається за табл. I.1 з виразу: $\sigma_{ACT} = F_{\sigma i} \times \sigma_{ACT(PEAK)}$, де $F_{\sigma i}$ приймається із табл. I.1.

Відповідна кількість циклів напруження, яка насправді відбулася для будь-якого даного σ_{ACT} (в межах діапазону напружень), приймається з відповідного рядка в правій колонці табл. I.1, див. також приклад і табл. I.3.

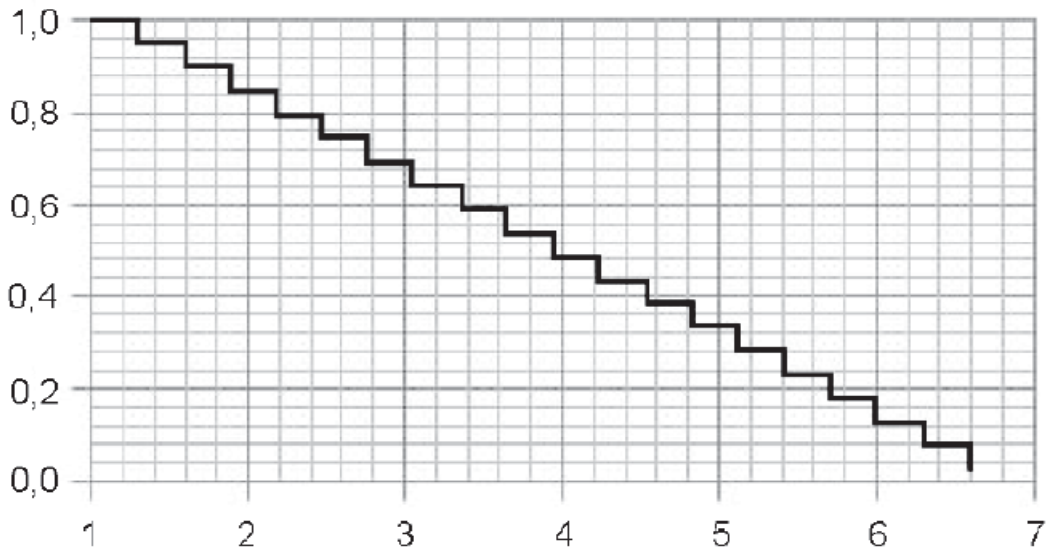


Рис. I.1. Спектр діапазону напружень [діапазону напружень групи/максимуму діапазону векторів Log (n) , у циклах, у групі]

I.3.4 Визначення *S-N* кривої для застосування до району основи кіля

I.3.4.1 Загальні відомості

Відношення між N і S_R/σ_{ACT} таке, що

$$\mathrm{Log}_{10}(N) = 6{,}3 + 3 \times \mathrm{Log}_{10}\left(\frac{S_R}{\sigma_{ACT}}\right) \qquad \text{(I.3.4.1)}$$

де: N - число циклів напружень, що викликає руйнування при діапазоні напружень σ_{ACT};
S_R – напруження початку руйнування при 2 мільйонах циклів зміни напруження.

Примітка. Формула (I.3.4.1), ймовірно, має малий запас міцності для пластин товщиною понад 22мм (див. **I.3.1**).

Для незварюваних і зварюваних конструкцій S_R визначається згідно **I.3.4.2** і **I.3.4.3**.

I.3.4.2 Для конструкції кіля без застосування зварювання

S_R повинен прийматися:

• 160Н/мм^2 для сталі з коригуванням за формулою (I.3.4.2) і

• 60Н/мм^2 для алюмінієвого сплаву (без коригування).

Тільки для сталі:

$$S_{R(Corr)} = 160 \times \left(1 + \frac{\sigma_y - 235}{1200}\right) \qquad \text{(I.3.4.2)}$$

де: σ_Y – границя плинності матеріалу кіля в незварному стані, Н/мм^2 (тобто виточений або відлитий кіль). σ_Y не повинен прийматись більше 390Н/мм^2.

Обмеження в 390Н/мм^2 приймається як загально прийнята верхня границя для «помірних» високоміцних сталей.

Це не означає, що високоміцні сталі мають кращі характеристики опору втоми, а тільки те, що наявні дані не підтримують використання поправочного коефіцієнта більшого, ніж 1,13.

Примітка: «Метод за умовчуванням» не претендує на те, щоб охопити всі матеріали та цикли навантаження.

I.3.4.3 Для зварної конструкції кіля

Для зварюваних конструкцій оцінка залежить від розташування елемента, який розраховується в зоні або поза зоною термічного впливу зварювання (*HAZ*).

а) У зоні термічного впливу зварювання (*HAZ*)

Для елементів, розташованих у районі зварних швів (див. примітку в **I.3.4.2**), повинна використовуватися табл. I.2 в залежності від типу зварювання.

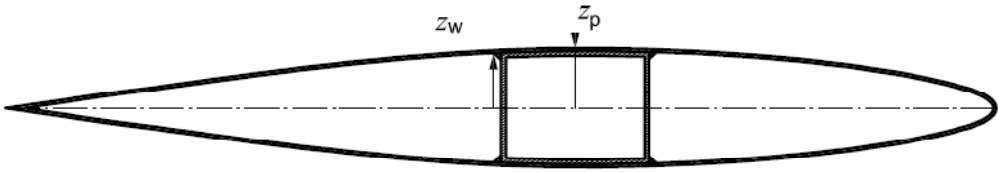
б) Поза зоною термічного впливу зварювання (*HAZ*)

У деяких випадках місце найбільшого напруження в основі кіля $\sigma_{ACT(PEAK)}$ розташоване поза зоною термічного впливу при зварюванні, у цьому випадку виконуються наступні процедури, які наведені нижче.

Розрахунок втомної міцності повинен проводитися:

• у найбільш напруженій точці, $\sigma_{ACT(PEAK)}$, яка знаходиться поза зоною термічного впливу зварювання, з використанням значення S_R для незварюваних сталей 160Н/мм^2, відкоригованого, при необхідності, застосуванням формули (I.3.4.2) або 60Н/мм^2 для алюмінієвих сплавів без коригування;

• у місцях зварних з'єднань, використовуючи очікуване напруження для кожного зварного шва ($\sigma_{ACT(PEAK)} \times W_F$) і відповідне значення S_R, взяте з табл. I.2, де W_F - фактор зварювання, який дорівнює відношенню: σ у зварному шві/σ_{NOM}. У цьому випадку формула (I.3.4.2) не застосовується, k_{MOD1} повинен прийматися рівним 1,0 , тому що ефект концентрації напруження, викликаний зварним швом, враховується у значенні S_R. Фактор зварювання в деяких випадках може бути простим відношенням відстаней від нейтральної осі вигину, наприклад, $W_F = Z_W/Z_P$ (див. рис. I.2).

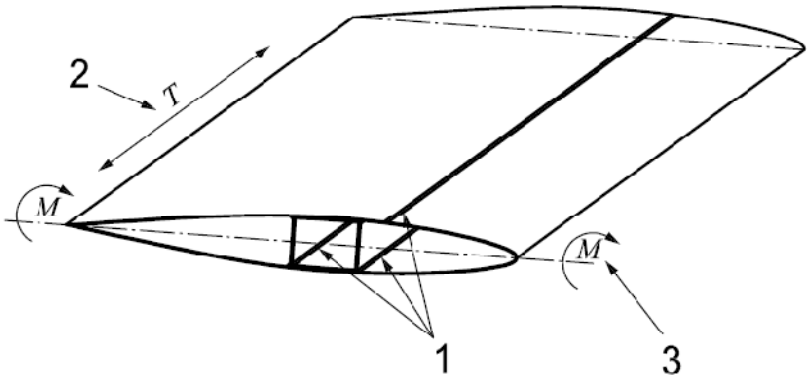


Позначення: Z_W - відстань до зовнішньої границі зварного шва
Z_P - відстань до зовнішньої границі обшивки

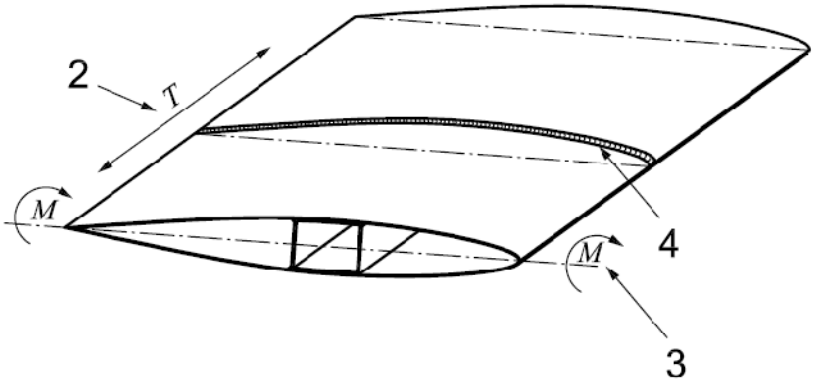
Рис. I.2. Ілюстрація до визначення фактору зварювання W_F

Найбільше значення MSF, отримане для цих зон (див. **I.4**), приймається далі як розрахункове.

Примітка. Немає необхідності точно визначати місце поза зоною термічного впливу зварювання. Якщо місце невідоме, напруження у зварному шві буде прийматися близьким до значення "поза зоною" (тобто $W_F \approx 1$) і, отже, в результаті зниженого значення S_R, яке буде використовуватися в зоні зварного шва, значення розрахункового MSF буде те саме, що й значення S_R зварного шва, в залежності від типу зварного шва та її орієнтації.



а) Поздовжні зварні шви, які розташовані паралельно напрямку розтягуючого напруження внаслідок дії моментів $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$



б) Поперечні зварні шви, які перпендикулярні до напрямку розтягуючого напруження внаслідок дії моментів $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$

Позначення:

1 Поздовжні зварні шви, які розташовані паралельно напрямку розтягуючого напруження внаслідок дії моментів $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$.

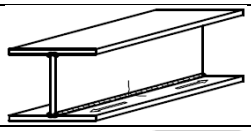
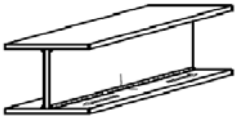
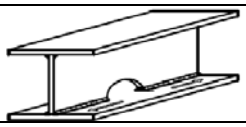
2 Напрямок розтягуючого напруження (по верхній поверхні плавника).

3 Згинальні моменти $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$.

4 Поперечні зварні шви, які перпендикулярні до напрямку розтягуючого напруження внаслідок дії моментів $M_{1.1}$ або $M_{2.1}$

Рис. І.3. Поздовжні і поперечні зварні шви

Таблиця I.2 **Значення S_R**

Категорія зварного шва	Назва	S_R для сталі Н/мм^2	Зварний шов
U	**Які не зварюються**	**160**	**-**
Поперечні стикові зварні шви			
T1	Урівень з обшивкою, 100% неруйнівний контроль	112	
T2	Максимальне посилення зварного шва 1мм + 0,1 × ширина зварного шва, кромки без оброблення, неруйнівний контроль	90	
T3	Зварний шов, який не відповідає критеріям T2, неруйнівний контроль	80	
T4	Односторонній шов з повним проваром, неруйнівний контроль, контроль кореня шва	71	
T5	Односторонній шов з повним проваром, без неруйнівного контролю,	45	
T6	Частковий огляд	≤ 36	
Поздовжні зварні шви			
L1	Суцільний стиковий шов з повним проваром, автоматичне зварювання	125	
L2	Суцільний стиковий шов, автоматичне зварювання	100	
L3	Суцільний кутовий або стиковий шов, ручне зварювання	90	
L4	Переривчастий кутовий зварний шов	80	
L5	Будь-який тип зварювання за наявності вирезів	63	
L6	Інші типи поздовжніх швів більш низької якості	45	-

Для алюмінієвого сплаву значення S_R повинно бути прийняте рівним 0,375 × S_R(сталі).
Примітка. Наведений перелік не є вичерпним і може бути доповнений відомостями інших відомих джерел.

ПРИКЛАД: деталь, яка зварена швами категорії L6, перебуває у місці максимальних напружень, тобто, із табл. I.2 приймається S_R = 45Н/мм^2. Оскільки ребра жорсткості зварені, поправний коефіцієнт у формулі (I.3.2-1) становить 1,0 і, отже, $\text{Log}_{10}(N) = 6{,}3 + 3 \log_{10} (45/\sigma_{ACT})$.

Для кожного значення $\sigma_{ACT}/\sigma_{ACT(PEAK)}$ у табл. I.1 повинно бути оцінено значення σ_{ACT}. Наприклад, у четвертому рядку табл. I.1 $\sigma_{ACT}/\sigma_{ACT(PEAK)} = 0{,}825$, і 0,825 x 193,5 = 159,6Н/мм^2 та

$\log_{10}(N) = 6{,}3 + 3 \log_{10}(45/159{,}6) = 4{,}65$.

Конвертуючи це значення в N, виходить $10^{4,65} = 44668 = 4{,}47E + 04$.

Отримане значення N є кількістю циклів, які викликають втомне руйнування при напруженні 213Н/мм^2. Фактичне число циклів зміни напруження складає всього 80 (див. четвертий рядок табл.I.1), так що тільки невелика частина терміну міцності втоми «витрачена» в цій групі навантажень. Див. також сірий фон осередків в таблицях I.3 та I.4.

Табл. I.1 у результаті трансформується у табл. I.3.

Таблиця I.3 **Діапазон напружень для циклів зміни напружень, які призводять до руйнування (приклад)**

σ_{ACT}	N_i
189	2,71E + 04
179	3,17E + 04
169	3,75E + 04
160	4,47E + 04
150	5,39E + 04
140	6,59E + 04
131	8,16E + 04
121	1,03E + 05
111	1,32E + 05
102	1,73E + 05
92	2,34E + 05
82	3,27E + 05
73	4,76E + 05
63	7,31E + 05
53	1,21E + 06
44	2,2E + 06
34	4,68E + 06
24	1,28E + 07
15	5,95E + 07
5	1,61E + 09

I.3.5 Визначення значення фактора підсумовування Майнера MSF

Для кожного значення *N* значення логарифму $\log_{10}(N)$ конвертується в кількість циклів (10^n).

Знаходиться відношення *n/N* для кожної групи напружень.

Якщо значення $\log_{10}(N)$ становить більше 7,0, відношення *n/N* повинно бути прийняте рівним нулю.

ПРИКЛАД: на продовження прикладу з фланцем кіля: в табл. I.4 визначаються остаточні значення у продовження табл. I.3.

Таблиця I.4 **Визначення значення MSF (приклад)**

$\frac{\sigma_{ACT}}{\sigma_{ACT(PEAK)}}$	σ_{ACT}	n_i	N_i	n_i/N_i
0,975	189	1,00E + 01	2,71E + 04	3,7E - 04
0,925	179	2,00E + 01	3,17E + 04	6,3E - 04
0,875	169	4,00E + 01	3,75E + 04	1,1E - 03
0,825	160	8,00E + 01	4,47E + 04	1,8E - 03
0,775	150	1,50E + 02	5,39E + 04	2,8E - 03
0,725	140	3,00E + 02	6,59E + 04	4,6E - 03
0,675	131	5,80E + 02	8,16E + 04	7,1E - 03
0,625	121	1,12E + 03	1,03E + 05	1,1E - 02
0,575	111	2,30E + 03	1,32E + 05	1,7E - 02
0,525	102	4,40E + 03	1,73E + 05	2,5E - 02
0,475	92	8,70E + 03	2,34E + 05	3,7E - 02
0,425	82	1,73E + 04	3,27E + 05	5,3E - 02
0,375	73	3,40E + 04	4,76E + 05	7,1E - 02
0,325	63	6,70E + 04	7,31E + 05	9,2E - 02
0,275	53	1,30E + 05	1,21E + 06	1,1E - 01
0,225	44	2,60E + 05	2,2E + 06	1,2E - 01
0,175	34	5,20E + 05	4,68E + 06	1,1E - 01
0,125	24	1,00E + 06	1,28E + 07	0,0E + 00
0,075	15	2,00E + 06	5,95E + 07	0,0E + 00
0,025	5	3,95E + 06	1,61E + 09	0,0E + 00
Фактор підсумовування Майнера MSF				0,66

I.3.6 Оцінка довговічності за фактором підсумовування Майнера MSF

Якщо MSF < 0,5.

Розрахункова довговічність перевищить проектний термін експлуатації з ефективним фактором безпеки 2 або більше. Це бажаний результат. Тим не менш, важливо враховувати вплив концентрації напружень і зварювання, оскільки в іншому випадку застосування спрощеної процедури не має сенсу.

Якщо 0,5 ≤ MSF ≤ 1:

Розрахункова довговічність перевищить проектний термін експлуатації з ефективним фактором безпеки між 1 і 2. При наближенні значення MSF до значення 0,7 і його перевищенні невизначеність у спрощеному методі стає все більш критичною і настійно рекомендується подальше дослідження втоми з використанням більш детальних інженерних методів.

Якщо MSF > 1:

Розрахункова довговічність буде меншою за розрахунковий термін служби судна. Втомна міцність є незадовільною відповідно до спрощеного методу. Необхідні подальші розрахунки та/або зміна проекту конструкції.

ПРИКЛАД: вище отримано значення MSF = 0,66. Тому втомна довговічність судна приблизно у 1,5 рази перевищує розрахунковий термін служби (1/0,66=1,5). Навіть з урахуванням невизначеності спрощеного методу, малоймовірно, що втомна міцність буде в цьому випадку проблемою.

Досвід будівництва та експлуатації вітрильних суден говорить, що:

а) Кілі, які були визнані такими, що відповідають низькому значенню MSF, це виточені або відлиті, чи кілі, що виготовлені із звичайної сталі або зі сталі підвищеної міцності, спроектовані для фактору відповідності значно більше 1,0 при випадку навантаження **1** (статичному).

б) Кілі, які були визнані відповідними високому і іноді неприйнятно високому значенню MSF, були виготовлені з дуже міцної сталі, що зварюється, і задовольняли фактору відповідності, лише трохи перевищує 1,0 при випадку навантаження **1** (статичному).

I.3.7 Допустимий підхід до напружень

У той час, як при табличному методі, використовуваному для розрахунку MSF, може бути досягнуто, як правило, значення MSF ≈ 0,5, максимально допустиме напруження для випадків навантаження **1** або **2** може визначатися як:

$$\sigma_{NOM} = \frac{2,61 \times S_R}{k_{COR}}$$

де: S_R визначається в **I.3.4**, а k_{COR} визначається в **I.3.2**.

I.4 МЕТОД ПОВНОГО РОЗРАХУНКУ

Процедура «за замовчуванням» не підходить для наступних випадків:

• оцінка втомної міцності для композитних, дерев'яних або свинцевих конструкцій, зокрема, для плавника з високоміцного вуглецю, схильного до явища флаттера;

• при комплексному навантаженні, що включає кручення, поперечний та поздовжній вигин;

• якщо фактичний спектр напружень може бути представлений спрощеним значенням n_i з табл. I.1 вище;

• якщо є значний вплив концентрації напружень;

• якщо середнє напруження істотно впливає на криву втоми;

• потрібне застосування окремого методу у випадках, коли MSF перевищує 0,5.

Метою цих Правил не є забезпечення повного пояснення втомної міцності і передбачення довговічності. Тим не менш, загалом, наступні дані необхідно отримати для застосування повного методу:

• розрахунок на основі методу кінцевих елементів, просторовий розподіл напружень, тому що це відображає геометричні ефекти концентрації напружень більш точно за умови, що осередки перекриття визначені як безперервні;

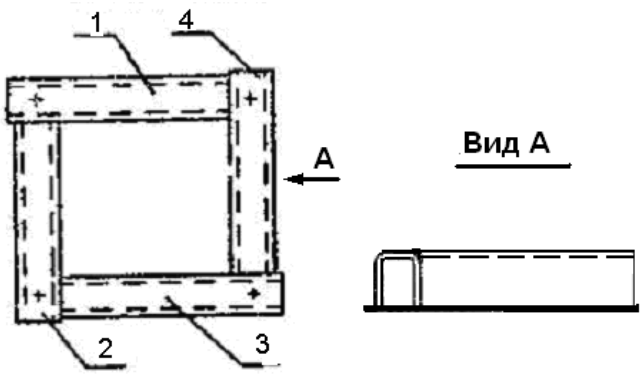
• набір додатків конкретних *S-N* кривих;

• історія специфічних напружень від проектанта/власника судна.

Використання будь-якого фрагмента методу за умовчанням у методі повного розрахунку не рекомендується.

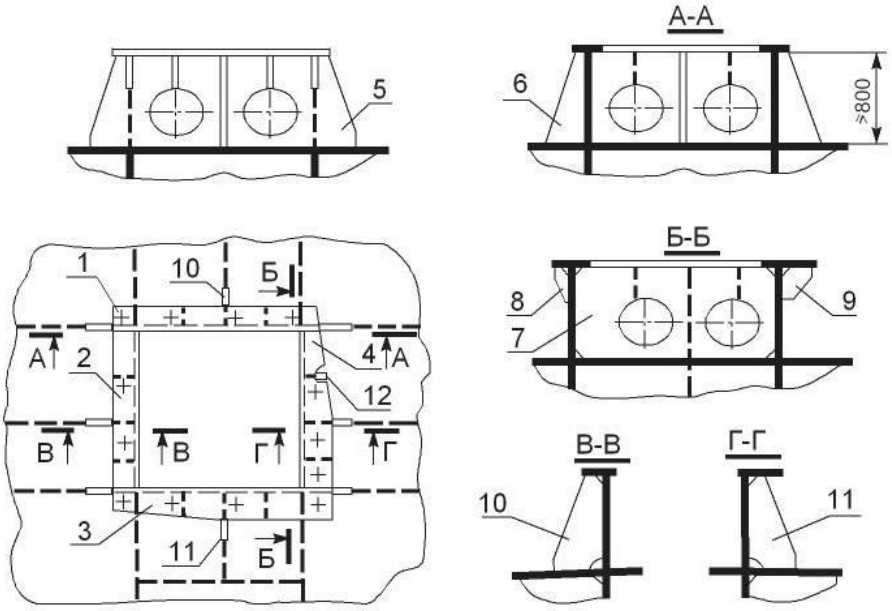
ДОДАТОК К

ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ МЕТАЛЕВИХ ФУНДАМЕНТІВ



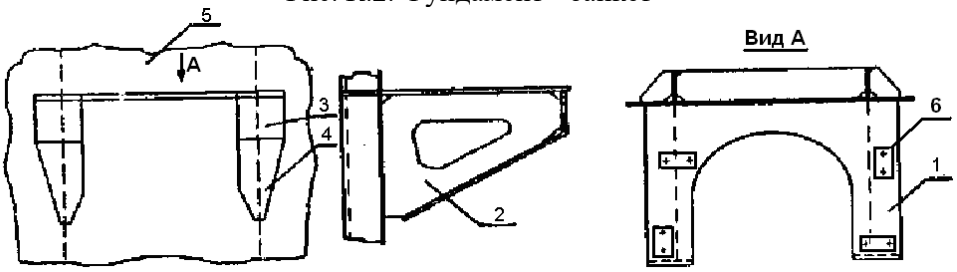
Позначення: 1 ÷ 4 – опорний фланцований лист

Рис. К.1 Фундамент коробчастий



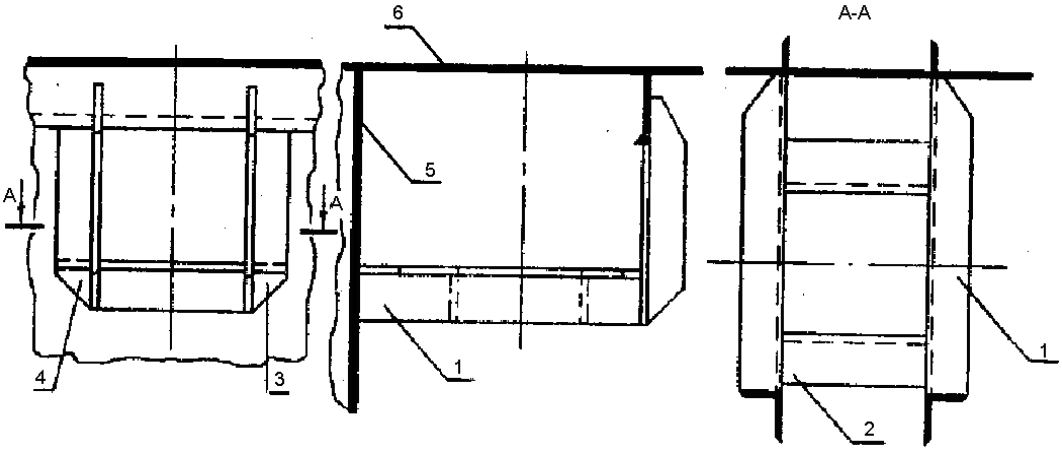
Позначення: 1 ÷ 4 – лист опорний; 5 ÷ 6 – стінки; 7 – бракета; 8 ÷ 12 - книці

Рис. К.2. Фундамент - банкет

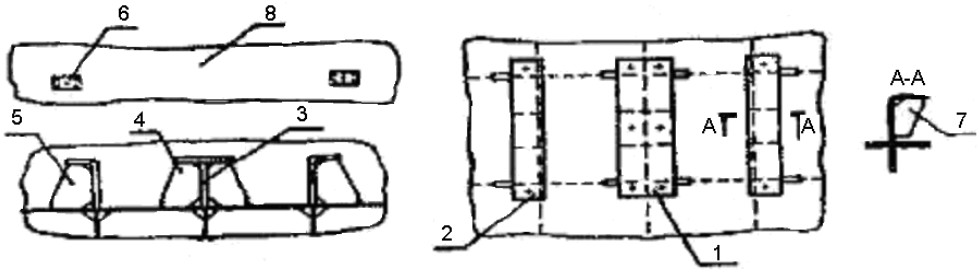


Позначення: 1 – лист опорний; 2 – книця; 3 ÷ 4- пояски;
5 – обшивка перегородки; 6 – платики з отворами для кріплення

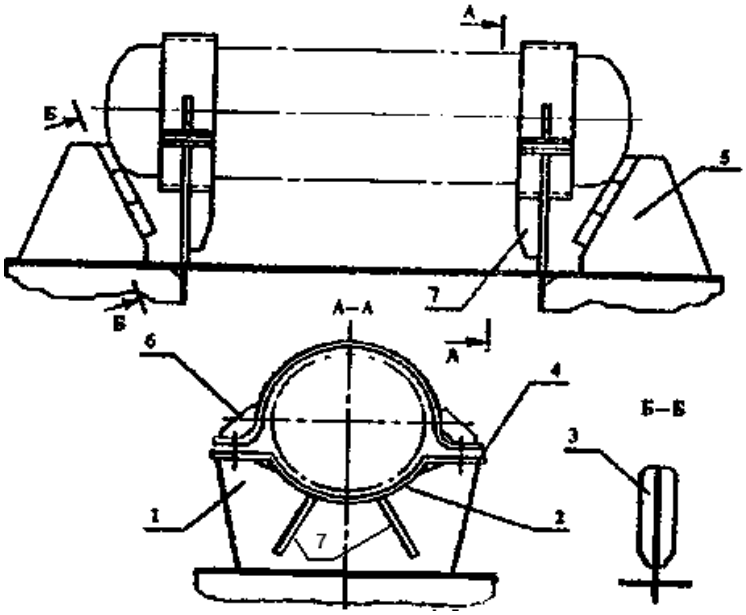
Рис. К.3. Фундамент - консоль



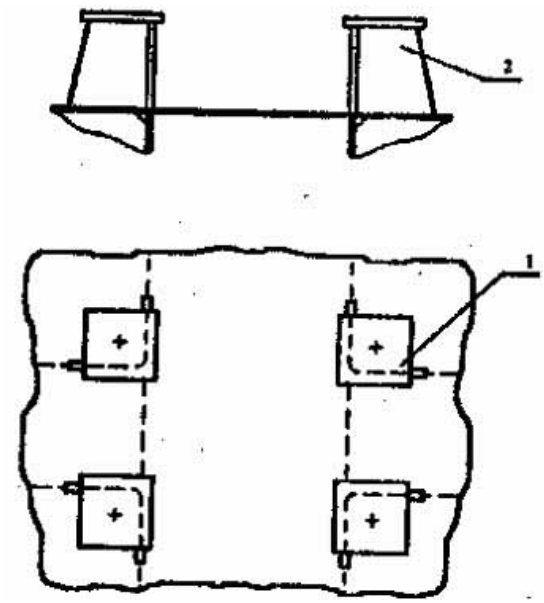
Позначення: 1 ÷ 4 – кутники; 5 – обшивка перегородки; 6 – обшивка палуби
Рис. К.4. Фундамент підвішений



Позначення: 1 - лист опорний; 2 - кутник; 3 - стінка; 4,5,7 - книці; 6 - платики; 8 - обшивка перегородки
Рис. К.5. Фундамент острівний комбінований



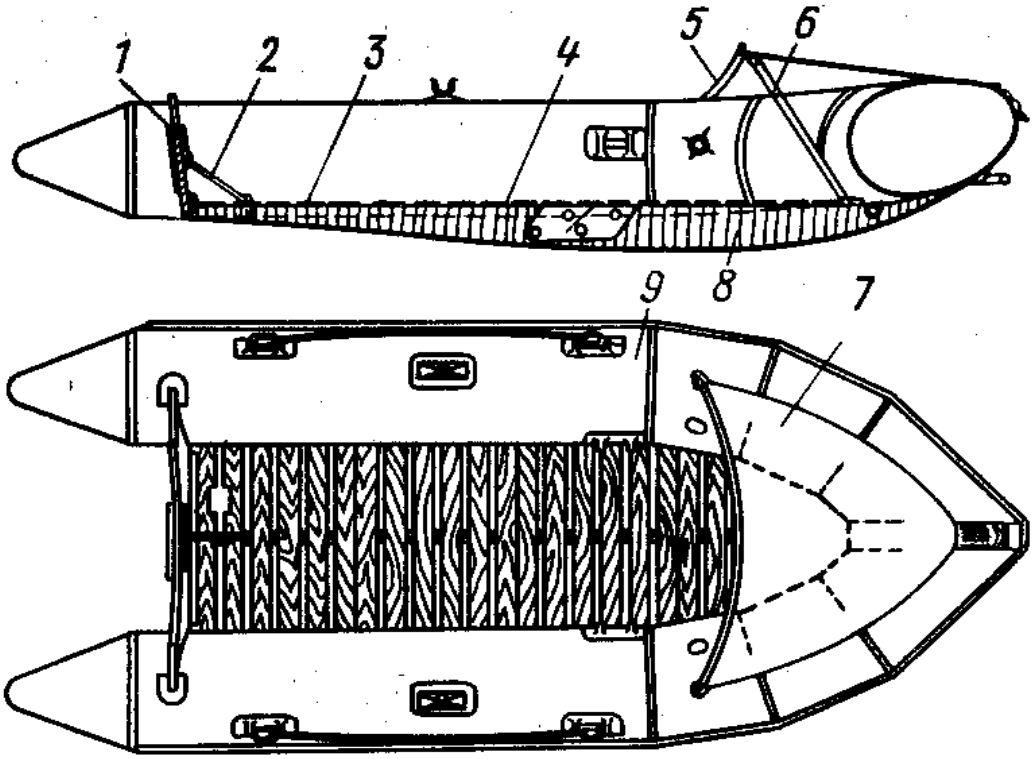
Позначення: 1 - бракета; 2,3,4- пояски; 5, 6 – книці; 7 - ребро жорсткості
Рис. К.6. Фундамент острівний



Позначення: 1 - Лист опорний; 2 – кутник
Рис. К.7. Фундамент точковий

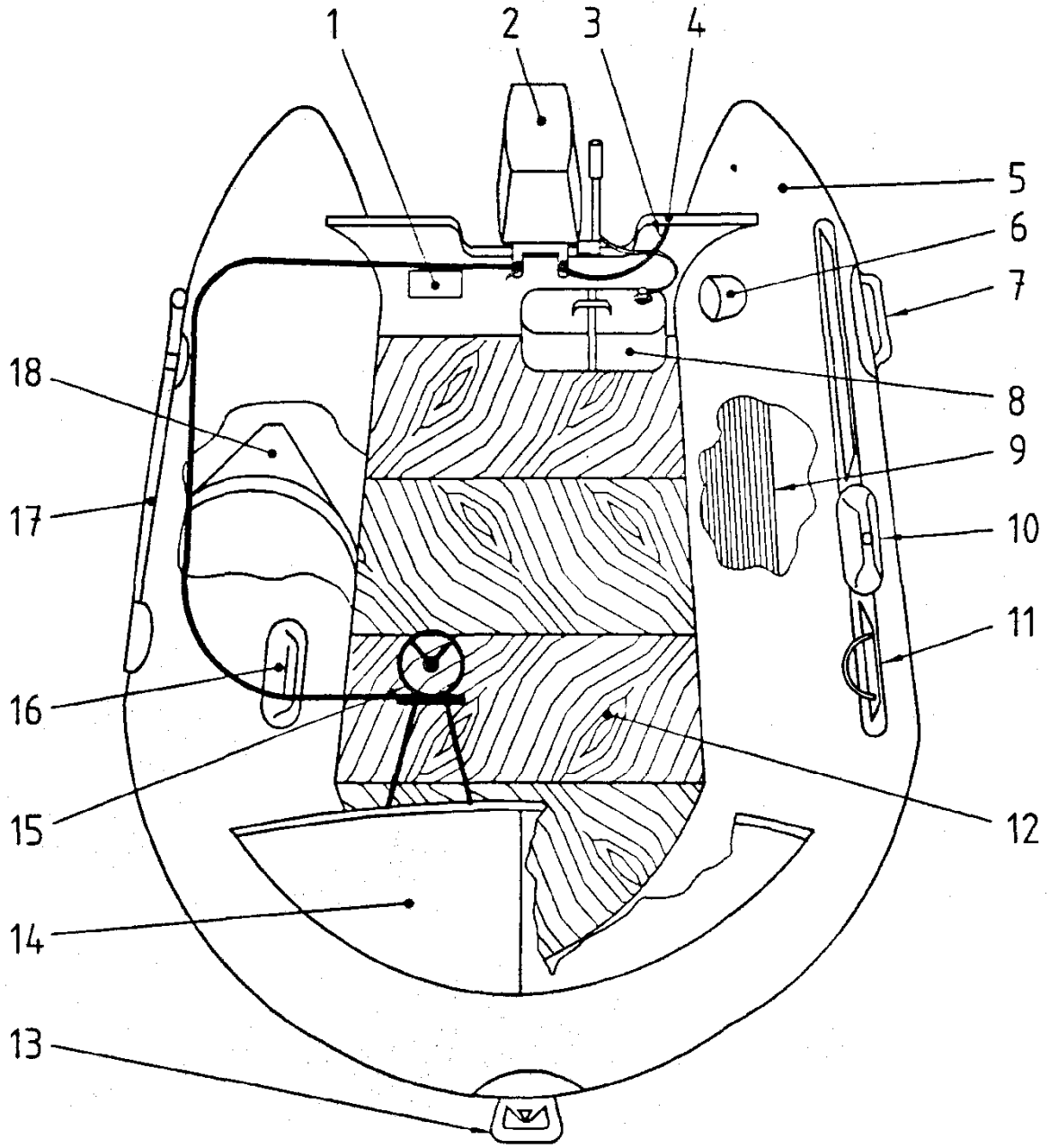
ДОДАТОК L

ТИПИ СУДЕН З НАДУВНИМ КОРПУСОМ



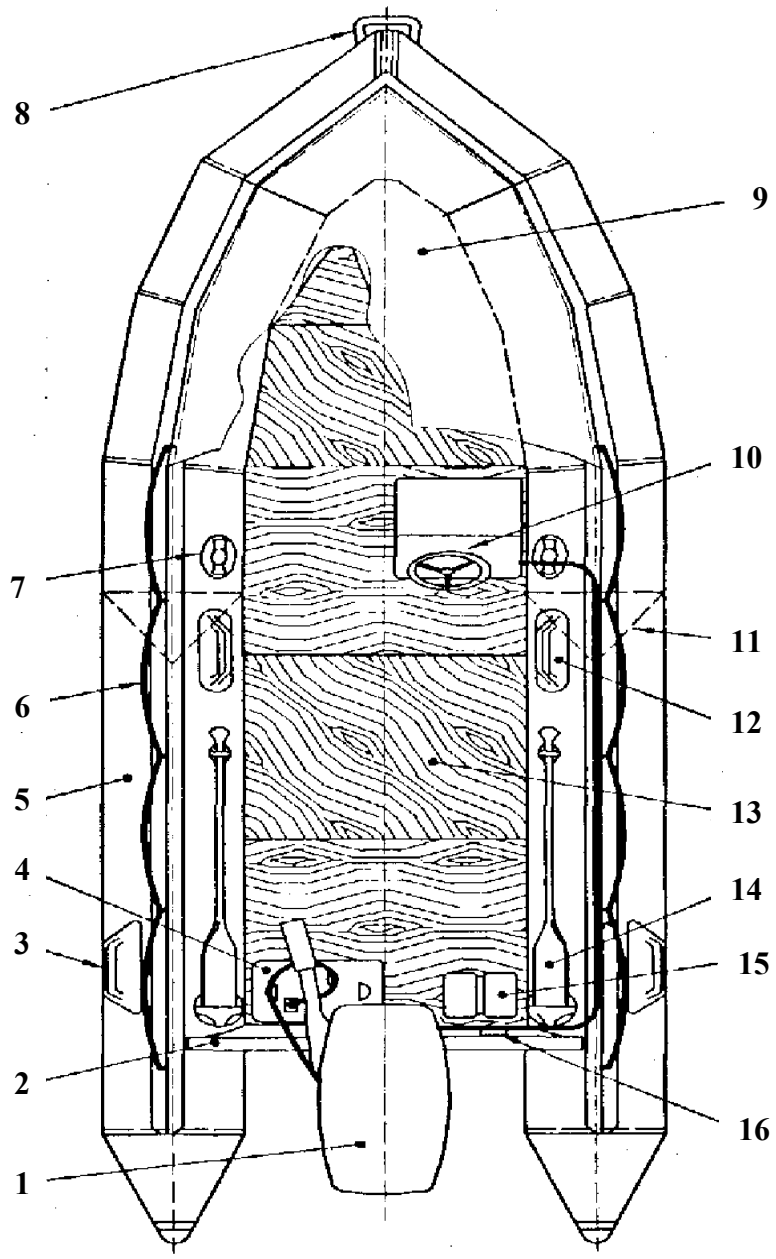
Позначення: 1 - Транець з фанери; 2 - Металеві упори транця; 3 Жорсткі вкладні пайоли; 4 - Складаний дерев'яний кіль; 5 - Пластмасова трубка; 6 Стояк козирка; 7- Бризгозахисний козирок; 8 - Днище з еластичного матеріалу; 9 - Надувні відсіки

Рис. L.1 Типова конструкція судна з надувним корпусом **типу І**



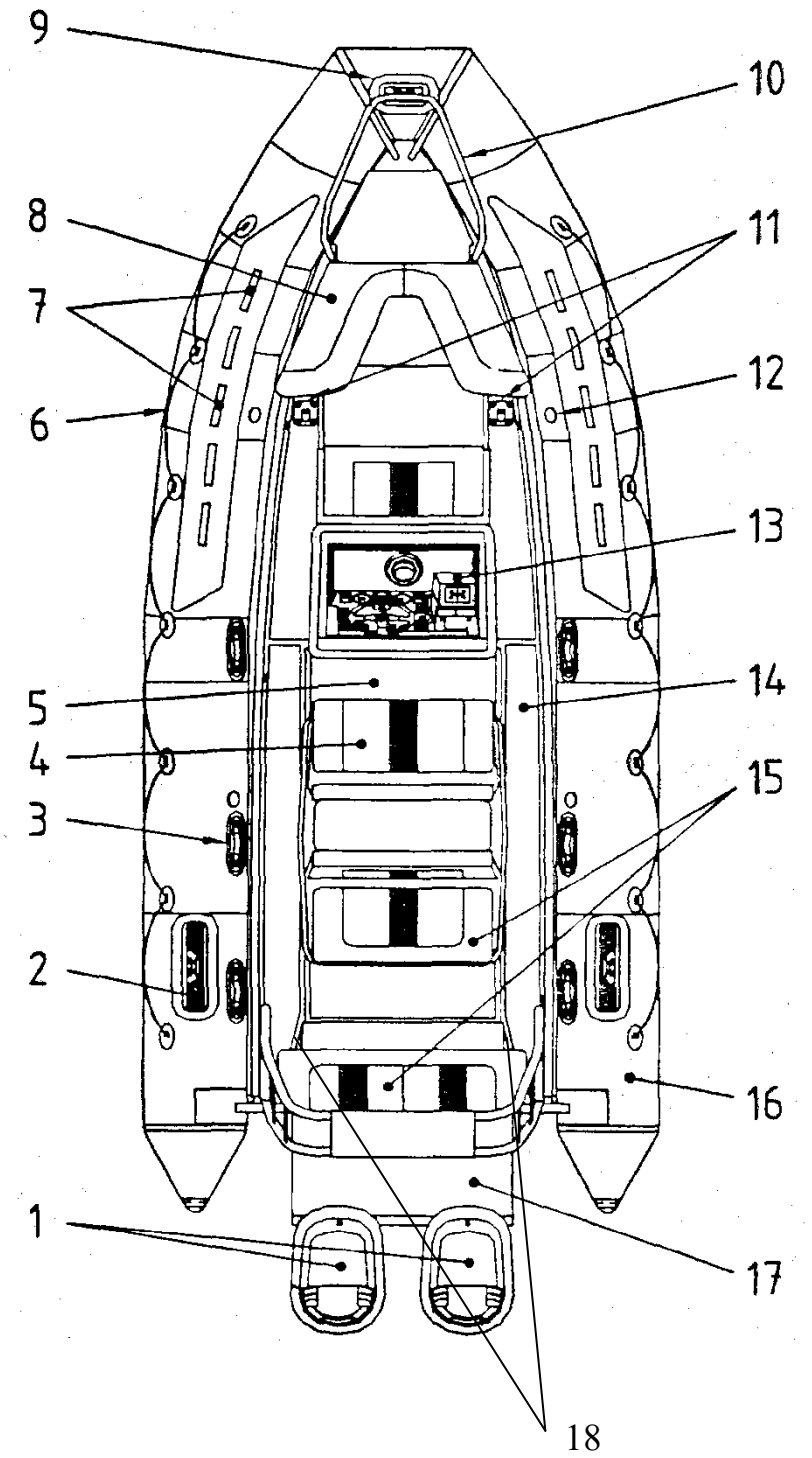
Позначення: 1 - Табличка виробника; 2 - Підвісний мотор; 3 -Страхувальний строп (для **типу V**); 4 - Транець; 5 - Надувний корпус; 6 - Клапан надува; 7 - Підіймально-переносний пристрій; 8 - Паливний бак; 9 - Поздовжня перегородка; 10 – Кочет; 11 – Леєр безпеки; 12 - Жорсткі вкладні пайоли; 13 - Буксирний пристрій; 14 -Бризкозахисний козирок; 15 – Дистанційний рульовий пристрій (для **типу V**); 16 – Поручень; 17 – Весло; 18 - Поперечна перегородка

Рис. L.2 Типова конструкція судна з надувним корпусом **типів II** і **V**



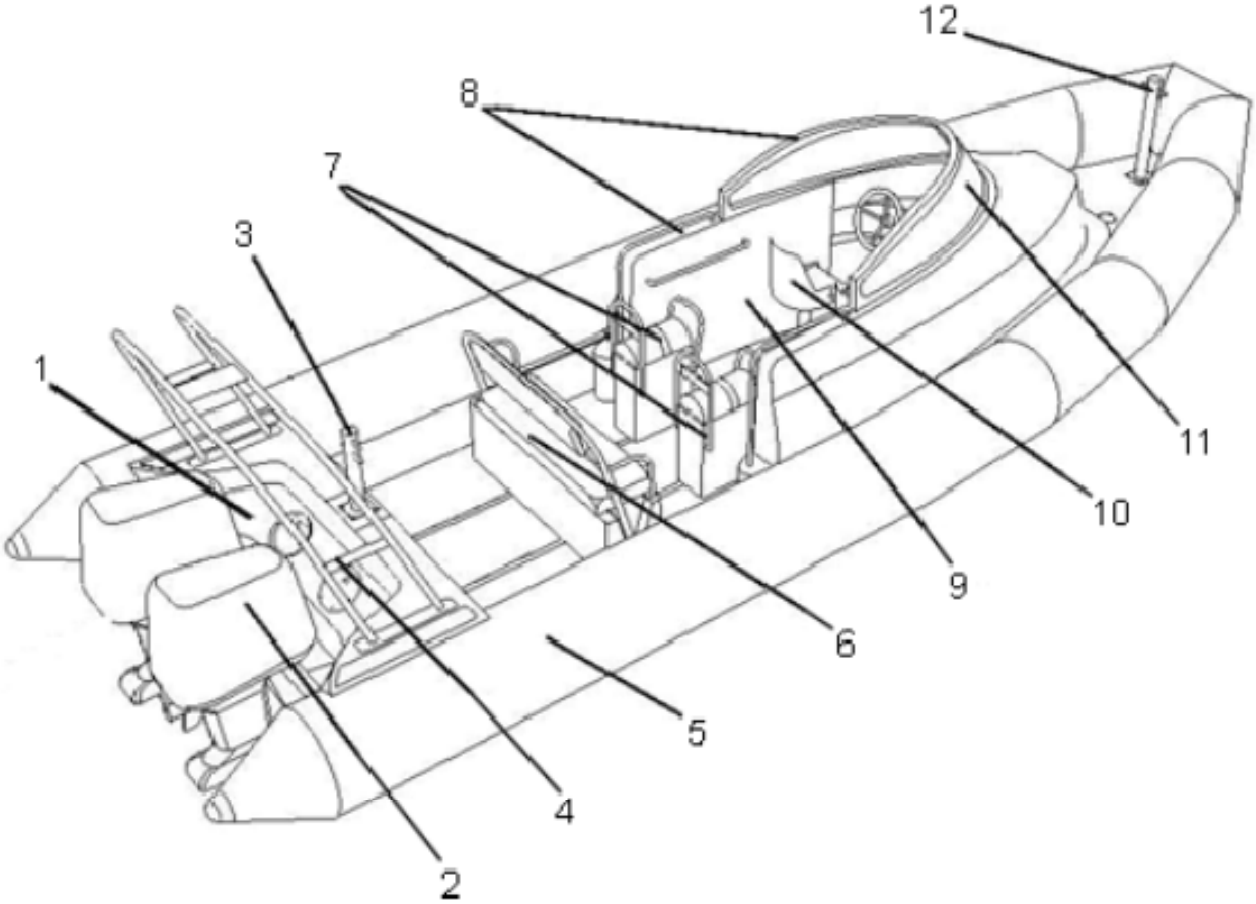
Позначення: 1 – Підвісний двигун; 2 – Транець; 3 – Підіймально-переносний пристрій; 4 – Паливний бак; 5 – Надувний корпус; 6 - Леєр безпеки; 7 – Клапан надува; 8 – Буксирний пристрій; 9 - Бризкозахисний козирок; 10 - Дистанційний рульовий пристрій; 11 – Поперечна перегородка; 12 – Поручень; 13 - Жорсткі вкладні пайоли; 14 –Весло; 15 – Акумулятор; 16 – Табличка виробника

Рис. L.3 Типова конструкція судна з надувним корпусом **типу VII**



Позначення: 1 - Спарені підвісні двигуни; 2 - Швартовна качка; 3 - Поручень для пасажира; 4 – Сидіння для рульового і пасажира; 5 - Паливний бак; 6 - Леєр безпеки; 7 - Поручні для пасажирів; 8 - Сидіння для пасажирів у носовій частині судна; 9 - Носовий буксирний пристрій; 10 - Носовий леєр; 11–Носове кріплення підіймальних стропів; 12 - Клапан надува; 13 - Пульт рульового управління; 14 - Палуба жорсткого днища; 15 -Сидіння для пасажирів; 16 - Надувний корпус; 17 - Кормова консоль; 18 – Кормове кріплення підіймальних стропів

Рис. L.5 Типова конструкція судна з надувним корпусом **типу IX**



Позначення: 1– Само-осушувальний колодязь підвісних двигунів; 2 Спарені підвісні двигуни; 3 - Кормова буксирно-швартовна опорна позиція; 4 - Кормова дуга безпеки (для ходових вогнів та антени); 5 - Надувний корпус; 6–Пасажирські сидіння з поручнями; 7 - Пасажирські сидіння з поручнями; 8 - Носова дуга безпеки; 9 - Обтічник кокпіту; 10 - Сидіння рульового; 11 - Вітрове скло; 12 - Носова буксирно-швартовна опорна позиція

Рис. L.6 Типова конструкція судна з надувним корпусом **типу X**

ДОДАТОК М

КОНСТРУКЦІЯ ШТЕВНІВ І КІЛІВ

М.1 ФОРШТЕВЕНЬ

М.1.1 Конструкція форштевня

Рекомендується використовувати брусковий або листовий форштевень зварної конструкції, може застосовуватися форштевень іншої конструкції, наприклад, нижняя частина комбінованого форштевня може бути виготовлена із кованої або литої частини, із сортового прокату (прутка) з листами, із штаби (бруска) з листами, із профільного прокату (кутника) з листами, а верхняя частина повинна бути, як правило, зварної листової конструкції.

Форштевні повного перерізу (наприклад, круглого, з кутника, штаби), а також відлиті чи ковані повинні бути рівноміцними за величиною брусковому форштевню.

Відлитий форштевень повинен бути нескладної форми і мати, на скільки це можливо, великі ливарні радіуси.

У нижній частині форштевень повинний з'єднуватися з брусковим або горизонтальним кілем і, по можливості, з вертикальним кілем. Перехід форштевня в кіль або зовнішню обшивку днища повинен бути принаймні на відстані 0,3м до корми від початку підйому поздовжнього профілю форштевня.

Листова частина зварного форштевня повинна бути підкріплена поперечними бракетами. Розташування бракет за висотою форштевня повинно бути погоджене з набором корпусу. Поперечні бракети, що підкріплюють листовий форштевень, встановлюються не рідше ніж через 0,5м нижче конструктивної ватерлінії і не рідше ніж через 0,8м вище неї. Бракети по довжині повинні перекривати стикові з'єднання форштевня з зовнішньою обшивкою, доводитися до найближчих шпангоутів і приварюватися до них. Їх положення необхідно погоджувати з положенням бортових стрингерів та інших поздовжніх елементів жорсткості носової кінцевої частини.

Окремі бракети, що не можуть бути доведені до набору, за винятком бракет у районі льодового поясу на суднах з льодовими підсиленнями, повинні мати задню кромку, утворену за плавною кривою.

Товщина бракет $t_Б$ не повинна бути меншою за розрахункову товщину прилеглих листів зовнішньої обшивки $t_О$ у цьому районі.

При довжині вільної кромки бракети $l_Б$ більше ніж $45t_Б$ ($t_Б$ – товщина бракети, $l_Б$ – довжина вільної кромки бракети, мм) вона повинна мати фланець або поясок. Ширина фланця або пояска бракети повинна становити $l_Б/t_Б$, але не менше 50мм. Товщина пояска бракети повинна бути не менше товщини бракети. Кінці поясків або фланців бракет необхідно зрізати на «вус».

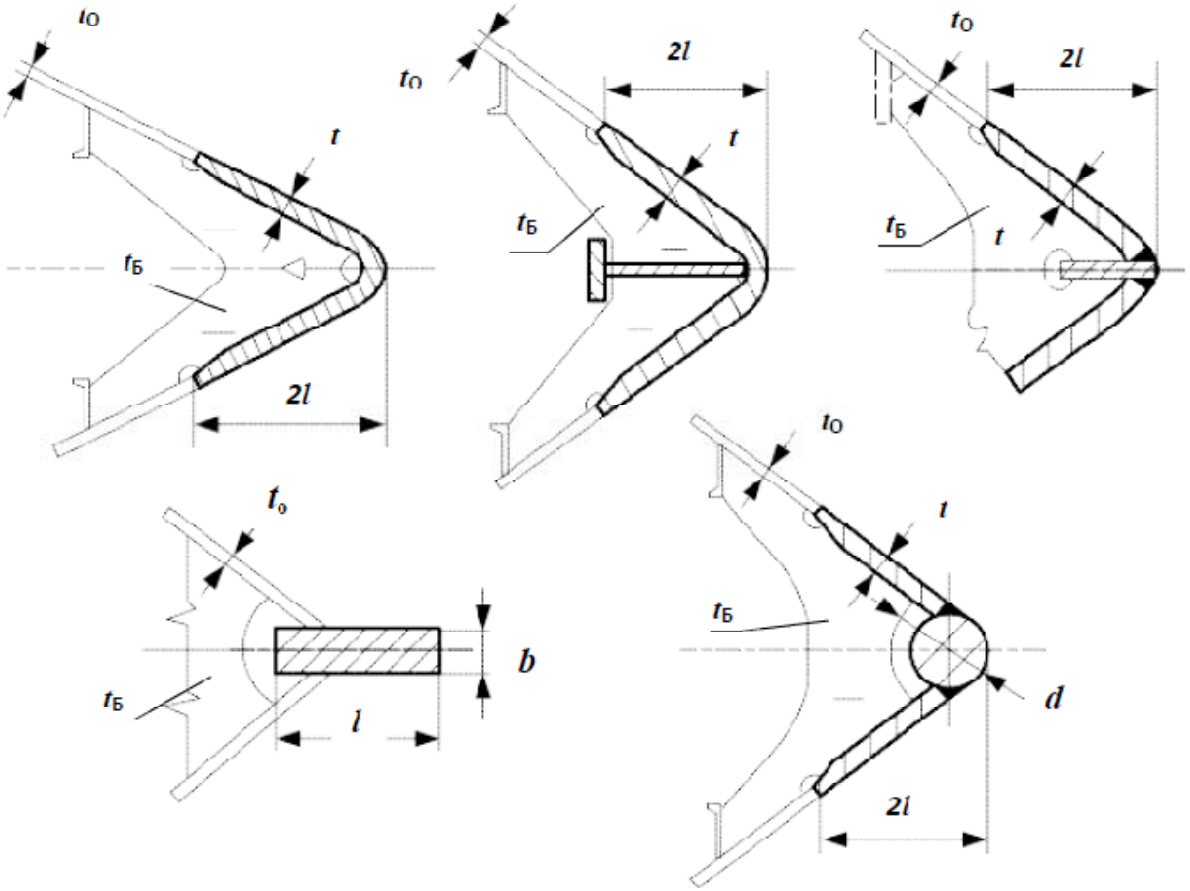
Товщина листів t або плити (литої конструкції) форштевня у місці з’єднання з листами зовнішньої обшивки корпусу повинна бути зменшена до товщини зовнішньої обшивки $t_О$, до якої буде приварюватися форштевень (плавний перехід/фаска не повинен перевищувати 1:3).

При виготовленні форштевня з декількох листів по довжині форштевня, їх стик не повинен перебувати в районі конструктивної ватерлінії.

Верхній кінець форштевня повинен бути доведений до палуби надводного борту або до верхньої кромки борту.

При радіусі заокруглення форштевня на рівні літньої вантажної ватерлінії більше 150мм рекомендується в його діаметральній площині, від кіля до рівня $0{,}15d$ над цією ватерлінією, встановлювати ребро жорсткості з поясом по вільній кромці шириною не менше 10 товщин стінки ребра. Товщина стінки такого ребра не повинна мати товщину меншу за товщину t_0 зовнішньої обшивки, а товщина пояска повинна бути на 2мм більше за товщину стінки ребра.

Типові конструкції форштевня показані на рис. М.1.1. Форштевень може також мати іншу конструкцію, за узгодженням з Регістром.



l – довжина брускового форштевня, яка вимагається в **4.4.3.1.2 а)**; $t_Б$ – товщина бракети; t_o – товщина зовнішньої обшивки

Рис. М.1.1 Типові конструкції форштевня

М.1.2 Розміри форштевня

а) Брусковий форштевень суцільного прямокутного перерізу (див. рис. М.1.2) від кіля до літньої вантажної ватерлінії повинен мати розміри поперечного перерізу не менше визначених за формулами, мм:

довжина: $l = 1{,}2L + 80$, (М.1.2-1)

ширина: $b = 0{,}4L + 12$ (М.1.2-2)

Вище літньої вантажної ватерлінії площа поперечного перерізу брускового форштевня може бути поступово зменшена до 70% площі, отриманої з розмірів, наведених вище.

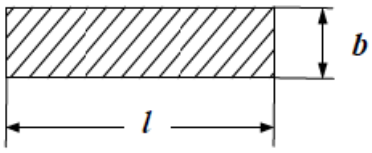


Рис.М.1.2

б) Листовий форштевень повинен бути виготовлений із листів, мінімальна товщина яких повинна бути не менше визначеної за формулою, мм:

$t = 0{,}1L + 4$ (М.1.2-3)

У будь-якому випадку товщина листів форштевня t повинна прийматися товщиною на 25% більше, ніж товщина зовнішньої обшивки в носовій частині судна, яка вимагається згідно **3.3.3.2** цієї частини Правил**.**

Вище літньої вантажної ватерлінії товщина листів форштевня t може бути зменшена до товщини зовнішньої обшивки борта.

Рекомендується, щоб довжина поперечного перерізу листового або комбінованого форштевня була не менше подвійної довжини брускового форштевня l, що вимагається в **М.1.2 а)** (див. рис. М.1.2).

в) Діаметр поперечного перерізу форштевня, виготовленого із сортового прокату (прутка), нижче літньої вантажної ватерлінії, (див. рис. М.1.2). повинен бути не менше визначеного за формулою, мм:

$d = 46 + 0{,}96L$ (М.1.2-4)

г) Площа поперечного перерізу форштевня, виготовленого із рівностороннього кутника, нижче літньої вантажної ватерлінії повинна бути не менше визначеної за формулою, см^2:

$F = 11 + 0{,}22L$ (М.1.2-5)

Товщина стінки кутника повинна бути не менше товщини, яка вимагається для листового форштевня.

Примітка. При визначенні розмірів форштевня розрахункова довжина судна L, м, приймається згідно **1.2.2** цієї частини Правил.

М.2 АХТЕРШТЕВЕНЬ ОДНО-ГВИНТОВОГО СУДНА

М.2.1 Конструкція ахтерштевня

Міцність старнпоста ахтерштевня зварної конструкції або з гнутого листа повинна бути такою, щоб момент опору його поперечного перерізу відносно поздовжньої осі був не менше 1,5-разового відповідного значення моменту опору старнпоста ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу. Міцність старнпоста ахтерштевня литої конструкції повинна бути не менше міцності старнпоста ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу.

Старнпост ахтерштевня повинен бути прикріплений до поперечної напівперегородки, що доходить до найближчої палуби, або до рамного (транцевого) флору, з'єднаного з рамним бімсом за допомогою пілерсів.

Товщина нижніх листів напівперегородки або стінки транцевого флора повинна бути збільшена на 2мм порівняно з товщиною стінки флора ахтерпіку. Ширина горизонтального фланця по верхній кромці транцевого флора повинна прийматися рівній 10-разовій товщині стінки флора. Напівперегородка може мати полегшуючі вирізи, які служать лазами в просторі ахтерпіка.

Старнпост зварного і литого ахтерштевня повинний бути підкріплений поперечними бракетами (ребрами). Розташування бракет за висотою старнпоста ахтерштевня повинно бути погоджене з набором корпусу. Поперечні бракети, що підкріплюють старнпост ахтерштевня, встановлюються на відстані між ними не більше 0,6м. Товщина бракет t_W повинна перевищувати товщину листів зовнішньої обшивки, які примикають до старнпоста ахтерштевня, щонайменше на 20% (див. рис. М.2.1.2-1 і рис. М.2.1.2-1).

Товщина стінки дейдвудного яблука після обробки отвору повинна становити не менше 60% ширини старнпоста ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу, що вимагається згідно **М.2.1.1** або 30% діаметра гребного валу, дивлячись по тому, що більше.

Перехід від підошви ахтерштевня до старнпоста ахтерштевня повинен бути плавним.

Для з'єднання ахтерштевня з горизонтальним або вертикальним кілем нижня частина ахтерштевня повинна бути протягнена до носу від старнпоста не менше ніж на дві шпації при збереженні поперечного перерізу ахтерштевня і кріпитися своїми бракетами (ребрами) не менше ніж до одного флора.

Примітка. При визначеннірозмірів ахтерштевня розрахунковадовжина судна L, м, приймаєтьсязгідно**1.2.2** цієїчастини Правил.

.1 Старнпост суцільного прямокутного перерізу на ділянці від кіля до кормового підзору повинний мати довжину l_S і ширину b_S поперечного перерізу не менше визначених за формулами, мм:

довжина: $l_S = 1{,}30L + 95$, (М.2.1.1-1)

ширина: $b_S = 1{,}60L + 20$, (М.2.1.1-2)

Довжина поперечного перерізу рудерпоста l_R може бути на 10% меншою від довжини поперечного перерізу старнпоста l_S.

Вище кормового підзору площа поперечного перерізу ахтерштевня може плавно зменшуватися. При цьому, площа поперечного перерізу ахтерштевня ніде не повинна становити менше 40% площі старнпосту, яка відповідає розмірам, визначеним за формулами (М.2.1.1-1) і (М.2.1.1-2).

.2 Розміри поперечного перерізу старнпоста з стерном, що має верхню і нижню опори, встановлюються згідно рис. М.2.1.2-1 (для старнпоста зварного ахтерштевня) і рис. М.2.1.2-2 (для старнпоста литого ахтерштевня) і визначаються за наступними формулами, мм:

– для старнпостазварного ахтерштевня:

$t = 0{,}16L + 6{,}4$ (М.2.1.2-1)

$l \geq 2{,}5L + 160$, $b \geq 0{,}8l$ (М.2.1.2-2)

$t_w \geq 1{,}2t_p$, (М.2.1.2-3)

де: t_p – товщина листів зовнішньої обшивки, які примикають до старнпоста ахтерштевня, мм;
t_w – товщина бракети старнпоста ахтерштевня, мм.

Якщо використовується конструкція з круглим прутком, то діаметр прутка повинен бути не менше визначеного за формулою, мм:

$d = 10\sqrt{L}$; (М.2.1.2-4)

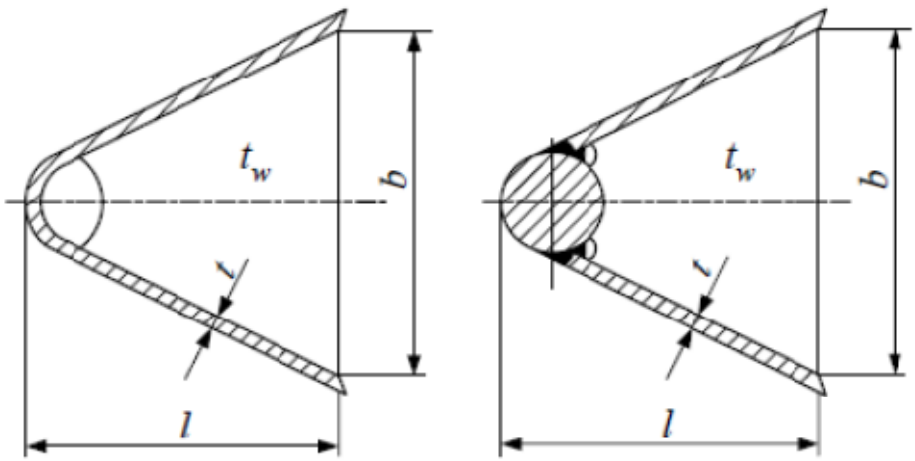


Рис. М.2.1.2-1 Старнпост зварного ахтерштевня

– для старнпоста литого ахтерштевня:

$t_1 = 0{,}15L + 6{,}6$ (М.2.1.2-5)

$t_2 = 0{,}25L + 11$ (М.2.1.2-6)

$t_3 = 0{,}35L + 15{,}4$ (М.2.1.2-7)

$l \geq 1{,}9L + 135;\ \ b \geq 0{,}8l$ (М.2.1.2-8)

$t_w \geq 1{,}2t_p$ (М.2.1.2-9)

де: t_p – товщина листів зовнішньої обшивки, які примикають до старнпоста ахтерштевня, мм;
t_w – товщина бракети старнпоста ахтерштевня, мм.

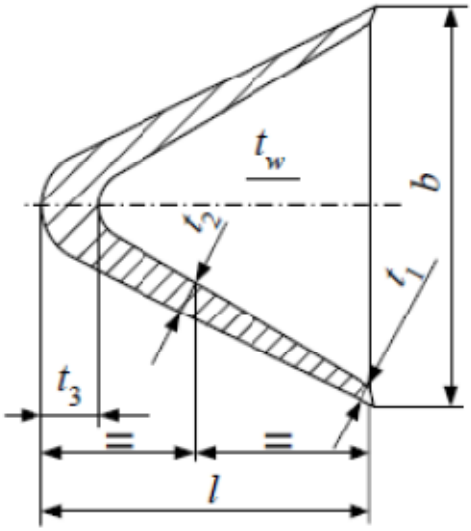


Рис. 4.4.3.2.1.2-2 Старнпост литого ахтерштевня

.3 Підошва ахтерштевня

.3.1 Момент опору поперечного перерізу підошви ахтерштевня W_Z відносно вертикальної осі повинний бути не менше визначеного за формулою, см^3:

$W_Z = R_S \cdot l_X \cdot \eta/100,$ (М.2.1.3-1)

де:

l_x – відстань між відповідним перерізом і віссю керма, м; значення l_x, взяте для розрахунків повинне виконувати умову: $0{,}5l_1 \leq l_x \leq l_1$; для l_1 – див. рис. М.2.1.3;

R_S – умовна розрахункова реакція, що діє в нижньому підшипнику стерна або в підшипнику, розташованому в підошві ахтерштевня, яка визначається згідно до вимог, зазначених у розділі **2** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил, Н; в загальному випадку можна приймати:

$R_S = 0{,}7F$, Н, де

F – умовне розрахункове навантаження, яке діє на перо стерна на передньому ходу, Н, визначене відповідно до вимог, зазначених в **2.5** частини III «Пристрої, обладнання і забезпечення» цих Правил;

η – коефіцієнт використання механічних властивостей матеріалу, що визначається згідно **1.4.4** цієї частини Правил**.**

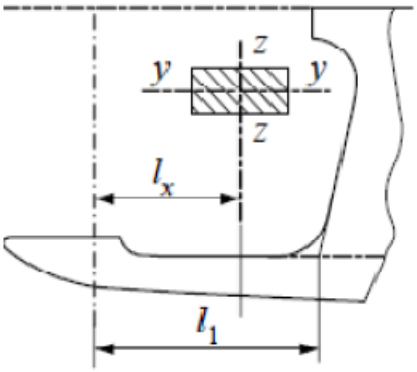


Рис. М.2.1.3 Підошва ахтерштевня

.3.2 Момент опору поперечного перерізу підошви ахтерштевня W_Y відносно горизонтальної поперечної осі повинний бути не менше $0{,}5W_Z$, де W_Z визначений за формулою (М.2.1.3-1), см^3.

.3.3 Якщо рудерпост і старнпост утворюють одне ціле, то підошва ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу на ділянці між старнпостом і рудерпостом повинна мати наступні розміри:

- висота повинна бути більша за довжину старнпоста l_S не менше ніж на 10%;
- ширина повинна бути більша за ширину старнпоста b_S не менше ніж на 40%, де l_S і b_S приймаються згідно **М.2.1.1**. У цьому випадку довжина непідтримуваної частини підошви ахтерштевня між старнпостом і рудерпостом повинна бути якомога меншою і мати плавний підйом над площиною основи.

.3.4 Якщо підошва ахтерштевня не служить опорою руля, а призначена тільки для захисту гвинта, то вона може мати розміри брускового кіля, при цьому її висота повинна дорівнювати висоті брускового кіля.

.3.5 Підошва ахтерштевня без рудерпоста або із знімним рудерпостом повинна мати поперечний переріз, який вимагається в **М.2.1.1**.

.3.6 Якщо підошва ахтерштевня має поперечний переріз, відмінний від прямокутного, то моменти опору прийнятого поперечного перерізу підошви ахтерштевня відносно горизонтальної і вертикальної нейтральних осей повинні дорівнювати відповідним моментам опору прямокутного поперечного перерізу.

.3.7 Площа поперечного перерізу A підошви ахтерштевня повинна бути не менша від площі поперечного перерізу, визначеного відповідно до вимог, зазначених в **М.2.1.3.3**, або який визначений за наступною формулою, см^2:

$$A_S = R_S \cdot \eta / 4800, \qquad \text{(М.2.1.3-2)}$$

де: R_S і η – див. **М.2.1.3.1**.

.3.8 У жодному поперечному перерізі підошви ахтерштевня приведене нормальнее напруження $\sigma_{пр}$ не повинна перевищувати $115/\eta$, МПа.

Напруження визначають за наступними формулами, МПа:

$$\sigma_{пр} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}, \qquad \text{(М.2.1.3-3)}$$

$$\sigma = (R_S \cdot l_X) / W_Z, \qquad \text{(М.2.1.3-4)}$$

$$\tau = R_S / (100 \cdot A), \qquad \text{(М.2.1.3-5)}$$

де: $\sigma_{пр}$ – приведене нормальнее напруження, МПа;
σ – нормальнее напруження, МПа;
τ – дотичне напруження, МПа;
R_S, l_x, W_z, η – див. **М.2.1.3.1**;
A_S – див. **М.2.1.3.7**.

М.3 АХТЕРШТЕВЕНЬ ДВОГВИНТОВОГО СУДНА

М.3.1 Конструкція ахтерштевня

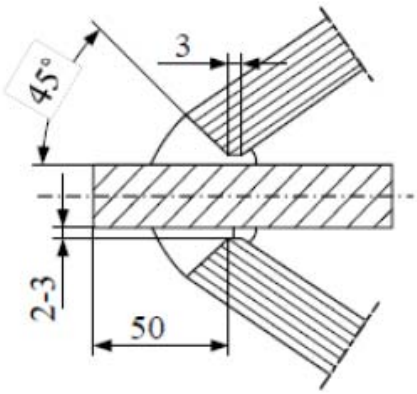
.1 Конструкція ахтерштевня та його кріплення до корпусу судна повинні відповідати зазначеним вимогаму **М.3** із зниженням вимог до розмірів його поперечного перерізу, які зазначені нижче.

Примітка. При визначенні розмірів ахтерштевня розрахункова довжина судна *L*, м, приймається згідно **1.2.2** цієї частини Правил.

.2 Нижня частина ахтерштевня повинна бути протягнута до носу від старнпосту і кріпитися своїми бракетами (ребрами) не менше ніж до двох основних флорів.

.3 Товщина стінки транцевого флора повинна бути на 2мм більше, ніж необхідна товщина для стінки флора в ахтерпіку.

.4 Якщо застосовуються два стерна, розташовані позаду гвинтів і скега, розташованого в діаметральній площині судна, бокова обшивка скега повинна бути приварена до штаби, розташованої в діаметральній площині, яка повинна мати товщину, що в 1,5 рази перевищує товщину зовнішньої обшивки судна, яка вимагається для кормової частини судна (див. рис. М.3.1).



Примітка. Розміри дані в мм.

Рис. М.3.1 Закінчення скега в діаметральній площині двогвинтового судна з двома стернами

М.3.2 Розміри ахтерштевня

.1 Розміри поперечного перерізу старнпоста ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу повинен мати розміри не менші за отримані значення відповідно до таких формул, мм:

– довжина: $l = 1{,}00L + 95$ (М.3.2.1-1)

– ширина: $b = 0{,}70L + 9{,}0$ (М.3.2.1-2)

Вище кормового підзора поперечний переріз старнпоста ахтерштевня суцільного прямокутного перерізу може поступово зменшуватися до 50% від зазначених вище розмірів.

.2 Розміри поперечного перерізу старнпоста зварного ахтерштевня не повинні бути меншими від визначених за наступними формулами (див. рис.М.3.2.2), мм:

$t = 0{,}13L + 5{,}5$ (М.3.2.2-1)

$t_1 \geq 1{,}15t$ (М.3.2.2-2)

$l \geq 2{,}5L + 80$, $b = l$ (М.3.2.2-3)

$t_w \geq 1{,}0t_p$, (М.3.2.2-4)

де: t_p – товщина листів зовнішньої обшивки в районі кормового підзору, мм;
t_w – товщина бракети старнпоста, мм.

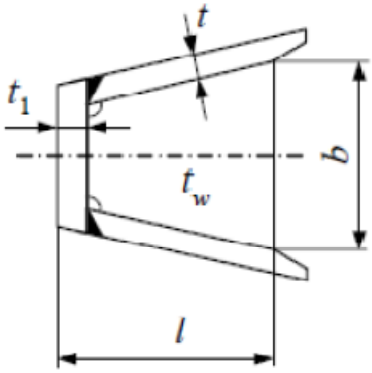


Рис. М.3.2.2 Старнпост зварного ахтерштевня двогвинтового судна

Конструкція старнпоста зварного ахтерштевня двогвинтового судна може бути прийнята як для старнпоста зварного ахтерштевня одно-гвинтового судна (див. рис. М.2.1.2-1), при виконанні наступного:

- товщина t приймається на 15% меншою від необхідної товщини, яка вимагається для старнпоста зварного ахтерштевня одно-гвинтового судна;
- відстань між поперечними бракетами (ребрами), які підкріплюють старнпост зварного ахтерштевня двогвинтового судна, не повинна перевищувати 0,75м;
- b і l за формулою (М.3.2.2-3).

.3 Розміри поперечного перерізу старнпоста литого ахтерштевня не повинні бути меншими від визначених за наступними формулами (див. рис. М.3.2.3), мм:

$$t_1 = 0{,}85 \cdot (0{,}15L + 6{,}6) \qquad \text{(М.3.2.3-1)}$$

$$t_2 = 0{,}85 \cdot (0{,}25L + 11) \qquad \text{(М.3.2.3-2)}$$

$$t_3 = 0{,}85 \cdot (0{,}35L + 15{,}4) \qquad \text{(М.3.2.3-3)}$$

$$l \geq 2{,}5L + 40,\ b \geq 2{,}5L + 80 \qquad \text{(М.3.2.3-4)}$$

$$t_w \geq 1{,}1t_p, \qquad \text{(М.3.2.3-5)}$$

де: t_p – товщина листів зовнішньої обшивки в районі кормового підзору, мм;
t_w – товщина бракети старнпоста, мм.

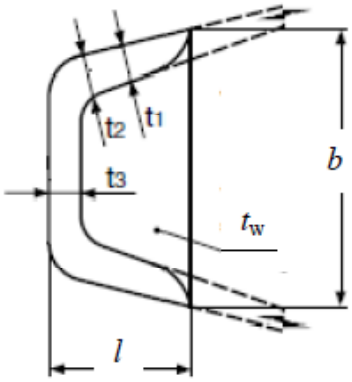


Рис. М.3.2.3 Старнпост литого ахтерштевня двогвинтового судна

Відстань між поперечними бракетами (ребрами), які підкріплюють старнпост литого ахтерштевня двогвинтового судна, не повинна перевищувати 0,75м.

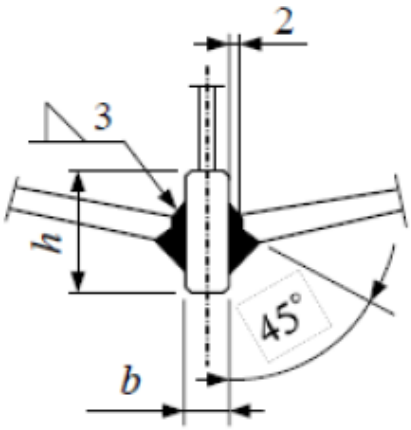
М.4 КІЛЬ

Примітка. При визначенні розмірів кіля розрахункова довжина судна L, м, приймається згідно **1.2.2** цієї частини Правил.

М.4.1 Розміри поперечного перерізу брускового кіля не повинні бути меншими від визначених за наступними формулами (див. рис. М.4.1), мм:

висота: $h = 1{,}30L + 95$ (М.4.1-1)

ширина: $b = 0{,}70L + 7$ (М.4.1-2)



Примітка. Розміри дані в мм.

Рис. М.4.1 Брусковий кіль в місці з'єднання з елементами корпусу

Товщина поясів зовнішньої обшивки, що безпосередньо прилягає до брускового кіля (шпунтові пояси), повинна бути не менше товщини, необхідної для горизонтального кіля (див. **М.4.2**), а їхня ширина – не менше половини ширини b, необхідної для горизонтального кіля, що визначається за формулою (М.4.2).

М.4.2 Ширина горизонтального кіля не повинна бути меншою від визначеної за наступною формулою, мм:

$b = 600 + 5{,}0L$ (М.4.2)

Товщина горизонтального кіля повинна перевищувати, принаймні, на 1мм товщину зовнішньої обшивки днища в середній частині корпусу судна.

М.4.3 Замість брускового кіля може бути встановлений коробчастий кіль (див. рис. М.4.3).

У цьому випадку, товщина його вертикальних стінок повинна бути не менше 0,8 товщини брускового кіля (ширини b), визначеної за формулою (М.4.1-2), а товщина нижнього листа кіля – не менше товщини брускового кіля (ширини b). Усередині коробчастого кіля повинні бути встановлені бракети в площині поперечного набору днища (флорів) товщиною t, що дорівнює товщині стінок днищевого набору (флорів) у середній частині судна.

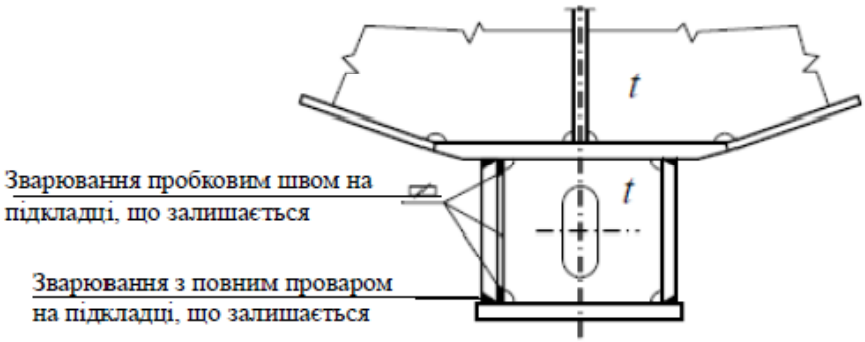


Рис. М.4.3 Коробчастий кіль

М.4.4 Скулові кілі

.1 Кріплення скулових кілів до зовнішньої обшивки необхідно здійснювати через проміжний елемент (штабу або кутовий профіль), що приварюється по периметру до зовнішньої обшивки суцільним кутовим швом. З'єднання скулових кілів із цим елементом повинно бути відносно слабкіше, ніж з'єднання самого елемента із зовнішньою обшивкою. Проте воно повинно бути достатньо надійним, щоб зберегти скулові кілі в звичайних умовах експлуатації судна. Проміжний елемент необхідно виконувати безперервним по довжині скулового кіля.

.2 Скулові кілі повинні закінчуватися на підкріпленій ділянці зовнішньої обшивки при плавному зменшенні їхньої висоти біля кінців (див. рис. М.4.4).

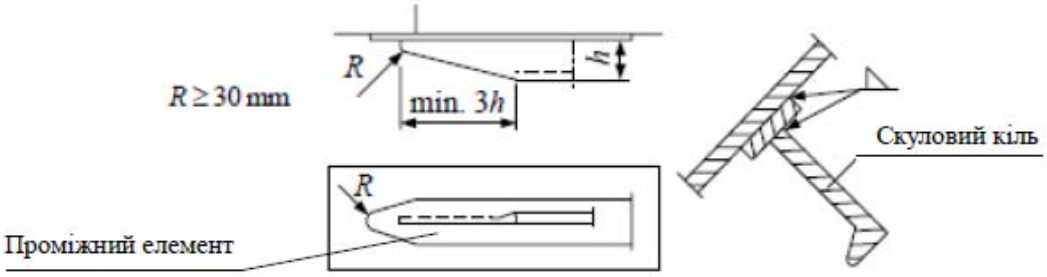


Рис. М.4.4 Скуловий кіль

.3 Скуловий кіль і проміжний елемент повинні бути виготовлені з тієї ж сталі, що і зовнішня обшивка в цьому районі.

ДОДАТОК N

НАВАНТАЖЕННЯ НА ТРАНЕЦЬ СУДНА, ВИКЛИКАНІ ПІДВІСНИМИ ДВИГУНАМИ АБО ПОВОРОТНО-ВІДКИДНИМИ КОЛОНКАМИ

N.1 Навантаження, викликані опорами для підвісних двигунів або для поворотно-відкидних колонок.

У таблиці N.2 і на рисунку N.1 показані розрахункові сили та моменти, що діють на кронштейн для кріплення підвісного двигуна або поворотно-відкидної колонки і які передаються через транець на корпус глісуючого судна.

Оцінка міцності транця повинна проводитись у випадках навантаження **I, II** та **III** таблиці N.2 для суден, якщо:

- загальна потужність підвісного двигуна або поворотно-відкидної колонки перевищує 100кВт; і
- коефіцієнт потужності C_{OB} перевищує 1,0.

Випадок навантаження **I**: моделює ситуацію, коли судно, що злетіло в повітря, приземляється на наступний гребінь хвилі і сила тяжіння підвісного двигуна або поворотно-відкидної колонки викликає зворотну силу на транці.

Випадок навантаження **II**: моделює ситуацію, коли судно, що злетіло в повітря, приземляється на наступному гребені хвилі і судно сповільнює свій рух, а рушій одночасно діє вперед.

Випадок навантаження **III**: моделює ситуацію після удару об хвилю, коли підвісний двигун або поворотно-відкидна колонка працює з повною силою.

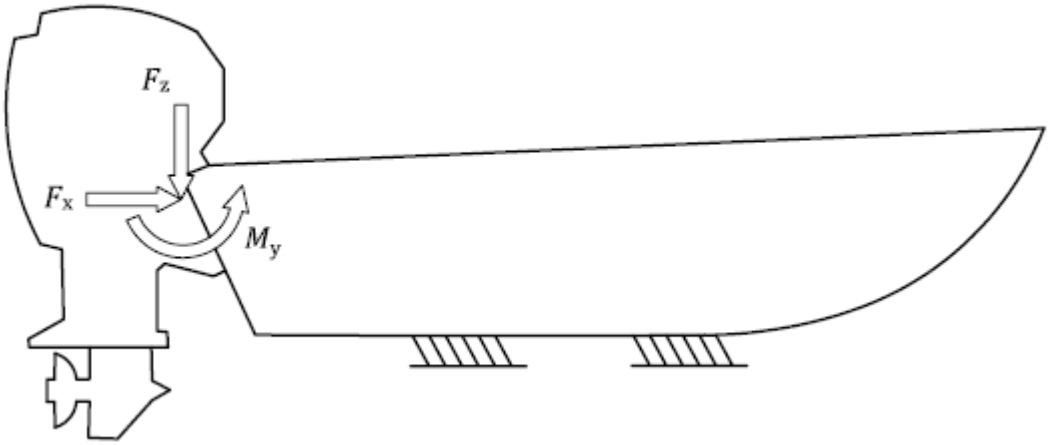


Рис. N.1. Система координат для визначення сил і моментів на транці судна

N.2 Розрахункові сили та моменти для транців суден з підвісними двигунами або з поворотно-відкидними колонками

Формули для визначення розрахункових сил і моментів, що виникають на транці судна, наведені в таблиці N.2.

Таблиця N.2

Формула	Пояснення
$F_X = C_{OB} \cdot 0{,}42 \cdot P^{0,7}$	Горизонтальна сила, що направлена до носової частини судна, параллельно кілю, для одного підвісного двигуна або для однієї поворотно-відкидної колонки, кН
$F_Z = C_{OB} \cdot 0{,}10 m_m$	Вертикальна сила, що направлена перпендикулярно до кіля, для одного підвісного двигуна або для однієї поворотно-відкидної колонки, кН
$M_y = C_{OB} \cdot 0{,}36 \cdot P^{0,7}$	Момент на осі обертання, обумовлений масою і пропульсивними силами, для одного підвісного двигуна або для однієї поворотно-відкидної колонки, кНм
Де	
C_{OB} – коефіцієнт потужності на основі співвідношення потужності до маси, який визначається за формулою: $C_{OB} = 15{,}6 \times (50 - \beta) \times \frac{\sqrt{P_{TOT}} \times B_C^{\,2}}{m_{ST}^{\,1{,}333}}$	
m_m – маса одного підвісного двигуна або для однієї поворотно-відкидної колонки, кг	
m_{ST} - маса судна при ходових випробуваннях (кг) = m_{LC} + 150кг [де: m_{LC} – маса судна порожнем, як вона визначена в **1.3.4.10.2.26** частини I «Класифікація», кг];	
P – потужність одного підвісного двигуна або однієї поворотно-відкидної колонки, кВт	
P_{TOT} – загальна потужність підвісних двигунів або поворотно-відкидних колонок, кВт	
β - кут кілеватості на транці згідно **2.2.1**, град	
B_C – ширина транця, як вона визначена в **1.3.4.10.1** частини I «Класифікація» з позначенням B_T, м	

Навантаження та моменти, система координат, як зображено на рис. N.1			
Випадок навантаження	F_X	F_Z	M_y
I	відсутня	$1{,}0F_Z$	$0{,}7M_Y$
II	$0{,}5F_X$	$1{,}0F_Z$	$1{,}0M_Y$
III	$1{,}0F_X$	відсутня	$0{,}5M_Y$

Примітка. Для суден із сидіннями для пом'якшення ударів, значення сил F_X, F_Z і моменту M_Y повинні бути помножені на коефіцієнт 1,2.