

РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ

**ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ
МОРСЬКИХ СУДЕН**

**ЧАСТИНА X
КОТЛИ, ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І
ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ**



Київ 2026

Регістр судноплавства України.

Правила класифікації та побудови морських суден.

Це видання Правил класифікації та побудови морських суден 2026 року підготовлене на основі їх четвертого видання 2020р., з врахуванням змін і доповнень, включених у Бюлетені змін і доповнень №1 (2020р.), №3 (2022р.), №4 (2024р.), №5 (2025р.), № 6 (2025) та врахуванням змін до застосовних міжнародних конвенцій та кодексів, прийнятих відповідними резолюціями Морською міжнародною організацією (ІМО), уніфікованих вимог і рекомендацій Міжнародної асоціації класифікаційних товариств (МАКТ) і змін до застосовних резолюцій Європейської економічної комісії ООН і директив Європейського Парламенту та Ради, змін і доповнень, прийнятих за результатами аналізу Правил інших Класифікаційних товариств, а також з досвіду їх застосування.

Перелік частин, що увійшли до цих Правил:

Частина II Корпус

Частина III Пристрої, обладнання і забезпечення

Частина IV Остійність.

Частина V Поділ на відсіки

Частина VI Протипожежний захист

Частина VII Механічні установки

Частина VIII Системи і трубопроводи

Частина IX Механізми

Частина X Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском

Частина XI Електричне обладнання

Частина XII Холодильні установки

Частина XIII Матеріали

Частина XIV Зварювання

Частина XV Автоматизація

Частина XVI Конструкція та міцність корпусів суден із полімерних композиційних матеріалів

Правила класифікації та побудови морських суден Регістра судноплавства України затверджені згідно з діючим положенням і вступають в силу з 01.09.2026 року.

Правила публікуються в електронному виді у форматі PDF на офіційному сайті Регістру судноплавства України по частинам 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, 2026

ЗМІСТ:

ЗМІНИ:	4
--------	---

ЧАСТИНА X. КОТЛИ, ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Область поширення	5
1.2 Визначення і пояснення	5
1.3 Обсяг нагляду	6
1.4 Матеріали	9
1.5 Зварювання	10
1.6 Термічна обробка	10
1.7 Випробування	10

2. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

2.1 Загальні вказівки	13
2.2 Циліндричні, сферичні елементи і труби	21
2.3 Конічні елементи	23
2.4 Плоскі стінки, днища і кришки	25
2.5 Трубні решітки	29
2.6 Опуклі днища	30
2.7 Тарільчасті днища	32
2.8 Прямокутні камери	32
2.9 Зміцнення вирізів у циліндричних, сферичних і конічних стінках та опуклих днищах	34
2.10 В'язі	39
2.11 Стельові балки	40

3. КОТЛИ

3.1 Загальні вказівки	42
3.2 Вимоги до конструкції	42
3.3 Арматура і контрольно-вимірювальні прилади	44
3.4 Котли-інсинератори	49
3.5 Котли з органічними теплоносіями	50
3.6 Вимоги до котлів, які використовують природний газ, як паливо	52

4. КЕРУВАННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, ЗАХИСТ І СИГНАЛІЗАЦІЯ КОТЛІВ

4.1 Загальні вказівки	53
4.2 Регулювання	53
4.3 Захист	53
4.4 Сигналізація	53

5. ТОПКОВІ ПРИСТРОЇ КОТЛІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА СУДНОВОМУ ПАЛИВІ

5.1 Загальні вказівки	54
5.2 Форсунки	54
5.3 Автоматичні топкові пристрої	54

6. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ

6.1 Загальні вказівки	56
6.2 Вимоги до конструкції	56
6.3 Арматура і контрольно-вимірювальні прилади	56
6.4 Спеціальні вимоги до теплообмінних апаратів і посудин під тиском	57

7. ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ КОТЕЛЬНИХ СТАЛЕЙ

7.1 Нижні границя плинності залежно від розрахункової температури, мПА	60
7.2 Границя тривалої міцності залежно від розрахункової температури, мПА	60

ДОДАТОК

Типові приклади допустимих зварних з'єднань для котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском	62
---	----

ЗМІНИ:

Ця частина Правил класифікації та побудови морських суден 2026 року, порівняно з їх виданням 2020 року з внесеними в них бюлетенями змінами та доповненнями, містять нижчезазначені зміни та доповнення:

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
1	2	3	4
Розділ 1			
1.1.2 , 1.2 , 1.3.2.1.6	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 4 змін і доповнень	
Розділ 2			
2.1.7.1 , 2.2.1.5 , 2.6.6 , 2.8.2	Анульовані нечіткі формулювання «за погодженням із Регістром»	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
Розділ 3			
3.3.3.1	Анульовані нечіткі формулювання «за погодженням із Регістром»	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.6.4	Уточнені вимоги до запобіжних клапанів	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.11.2	Анульовані нечіткі формулювання «за погодженням із Регістром»	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.5.5.6 , 3.5.6	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 4 змін і доповнень	
Розділ 5	Зміни редакційного характеру в заголовку	Бюлетень № 4 змін і доповнень	
Розділ 6			
6.3.1 , 6.4.4.4	Анульовані нечіткі формулювання «за погодженням із Регістром»	Бюлетень № 1 змін і доповнень	

ЧАСТИНА X. КОТЛИ, ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 ООБЛАСТЬ ПОШИРЕННЯ

1.1.1 Ця частина Правил поширюється на котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском, за винятком:

- .1** водогрійних котлів (не зазначених в **1.3.2.1** і **1.3.2.3**);
- .2** пілотованих підводних апаратів, суднових водолазних комплексів та пасажирських підводних апаратів відносно їхньої конструкції та міцності міцних корпусів;
- .3** нестационарних балонів стандартних зразків для зберігання зріджених газів (див. **1.3.2.4**);
- .4** вузлів і деталей механізмів, що не є самостійними посудинами під тиском;
- .5** пристроїв, що складаються із системи труб під тиском, що знаходяться поза котлами, теплообмінними апаратами і посудинами;
- .6** охолоджувачів повітря з робочим тиском у повітряній порожнині менше 0,1 МПа;
- .7** теплообмінних апаратів і посудин, що перебувають винятково під тиском рідини (не зазначених у **1.3.2.1** і **1.3.2.3**).

1.1.2 Ця частина Правил поширюється також на топкові пристрої котлів, що працюють на судновому паливі.

1.2 ВИЗНАЧЕННЯ І ПОЯСНЕННЯ

Визначення і пояснення, що належать до загальної термінології Правил, викладені в Загальних положеннях класифікаційної та іншої діяльності і в частині I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден. У цій частині Правил прийняті такі визначення.

Автоматичний топковий пристрій котлів – пристрій для спалювання суднового палива, який працює автоматично без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

Допоміжні парові котли відповідального призначення – котли, що постачають пару допоміжним механізмам та обладнанню, які забезпечують хід судна, безпеку плавання і належне перевезення вантажу; при цьому на судні немає інших джерел енергії для приведення в дію цих механізмів і обладнання у разі припинення роботи котлів.

Котел водогрійний – судновий котел, що підігріває воду або теплоносії на водяній основі (наприклад, розчин етилен-гліколю в воді) до відповідної температури.

Котел паровий – судновий котел, який виробляє пару відповідних параметрів.

Робочий тиск – максимально допустимий тиск при нормальному проходженні робочого процесу в тривалому режимі, за винятком допустимого короточасного підвищення тиску під час дії запобіжного клапана або інших запобіжних пристроїв.

Розрахункова паропроодуктивність котла – найбільша кількість пари розрахункових параметрів, вироблена протягом 1 години котлом при тривалому режимі роботи.

Розрахункова температура стінки – середня, за товщиною стінки, температура, що приймається залежно від температури середовища та умов обігрівання для визначення допустимих напружень.

Розрахунковий тиск – тиск, за яким проводиться розрахунок на міцність.

Стінки котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском – стінки парових і водяних (газових і рідинних) просторів, розташовані між запірними пристроями, включаючи стінки сполучних патрубків і корпусів запірних пристроїв.

1.3 ОБСЯГ НАГЛЯДУ

1.3.1 Положення, що стосуються порядку класифікації, технічного нагляду за побудовою і класифікаційного нагляду, а також вимоги до технічної документації, що подається на розгляд Регістру, викладені в Загальних положеннях класифікаційної та іншої діяльності і в частині I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

1.3.1.2 Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском залежно від параметрів і особливостей конструкції поділяються на класи відповідно до табл. 1.3.1.2.

1.3.1.3 Котли і теплообмінні апарати I та II класів повинні бути виготовлені підприємствами, які мають Свідоцтво про визнання виробника.

Таблиця 1.3.1.2

Обладнання	Клас		
	I	II	III
Котли, у тому числі утилізаційні, водогрійні з температурою нагрівання води вище 115°C, а також пароперегрівачі і парозбірники	$p > 0,35$	$p \leq 0,35$	–
Котли з органічними теплоносіями,	Будь-які параметри	–	–
Холодильні агенти	Група II ¹ Будь-які параметри	Група I ¹ Будь-які параметри	–
Посудини під тиском і теплообмінні апарати з токсичним, легкозаймистим ² або вибухонебезпечним робочим середовищем	Будь-які параметри	–	–
Посудини під тиском і теплообмінні апарати для пари ³	$p > 1,6$ або $t > 350$	$0,7 < p \leq 1,6$ або $350 < t \leq 170$	$p \leq 0,7$ і $t \leq 170$
Посудини під тиском і теплообмінні апарати з органічним теплоносієм ³	$p > 1,6$ або $t > 300$	$0,7 < p \leq 1,6$ або $300 < t \leq 150$	$p \leq 0,7$ і $t \leq 150$
Посудини під тиском і теплообмінні апарати для палива ³	$p > 1,6$ або $t > 150$	$0,7 < p \leq 1,6$ або $60 < t \leq 150$	$p \leq 0,7$ і $t \leq 60$
Посудини під тиском і теплообмінні апарати для мастила і горючих рідин гідравлічних систем ³	$p > 1,6$ або $t > 300$	$0,7 < p \leq 1,6$ або $90 < t \leq 300$	$p \leq 0,7$ і $t \leq 90$
Посудини під тиском і теплообмінні апарати для негорючих середовищ ^{3,4}	$p > 4$ або $t > 350$ та $s > 35$	$1,6 < p \leq 4$ або $200 < t \leq 350$ та $16 < s \leq 35$	$p \leq 1,6$ і $t \leq 200$ та $s \leq 16$

¹ Згідно з 2.2.1 частини XII «Холодильні установки».

² Для цілей цієї таблиці легкозаймистим середовищем вважається будь-яка рідина або газ із температурою спалаху менше 60°C.

³ Для теплообмінних апаратів повинні враховуватися параметри двох робочих середовищ, що беруть участь у теплообміні, при цьому клас посудини вибирається за найбільшим параметром для кожного середовища.

⁴ Застосовне для теплообмінних апаратів і посудин під тиском, зазначених в 1.3.2.1.3.

Умовні позначення:

p – розрахунковий тиск, МПа;

t – розрахункова температура стінки, °C;

s – товщина стінки, мм.

1.3.2 Обсяг нагляду.

1.3.2.1 Нагляду Регістру під час виготовлення підлягають:

.1 парові котли, у тому числі утилізаційні, пароперегрівачі і економайзери з робочим тиском 0,07 МПа і більше;

.2 котли з органічними теплоносіями, у тому числі утилізаційні;

.3 теплообмінні апарати і посудини, які в робочому стані цілком або частково заповнені газом або паром, з робочим тиском 0,07МПа і більше, місткістю 0,025 м³ і більше або з добутком тиску, МПа, на місткість, у м³, що становить 0,03МПа × м³ і більше;

.4 опріснювальні установки;

.5 конденсатори головних і допоміжних механізмів;

.6 топкові пристрої котлів, які працюють на судновому паливі;

.7 водогрійні котли з температурою підігрівання води вище 115°C;

.8 охолоджувачі, підігрівники і фільтри палива, масла і води головних та допоміжних механізмів;

.9 автоматичні пристрої для контролю за солоністю живильної води для котлів;

.10 котли-інсинератори.

1.3.2.2 Огляду Регістром під час виготовлення не підлягають теплообмінні апарати і посудини під тиском, зазначені в **1.1.1.2** і **1.1.1.6**.

1.3.2.3 Водогрійні котли з температурою підігрівання води вище 115°C стосовно матеріалів і міцних розмірів елементів повинні відповідати вимогам, що висуваються до парових котлів згідно з цією частиною Правил.

Примітка: Фільтри та охолоджувачі головних і допоміжних механізмів стосовно матеріалів і міцних розмірів елементів повинні відповідати вимогам, що пред'являються до посудин під тиском, відповідно до цієї частини Правил.

1.3.2.4 Балони, які призначені для зберігання стиснутих газів і застосовуються під час експлуатації судна в різноманітних системах і пристроях, можуть виготовлятися за діючими стандартами під технічним наглядом компетентного органу.

1.3.2.5 Обсяг нагляду за теплообмінними апаратами і посудинами під тиском, що входять до складу холодильних установок, зазначений у 1.1.3, 1.3.2 і 1.3.3 частини XII «Холодильні установки».

1.3.3 Деталі, які підлягають нагляду.

1.3.3.1 Деталі, перелічені в табл. 1.3.3, підлягають нагляду Регістра під час виготовлення відповідно до схваленої Регістром технічної документації, зазначеної в 1.3.4.

Таблиця 1.3.3

№ з/п	Деталі котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском	Матеріал	Підрозділ частини XIII «Матеріали»
1	Котли, пароперегрівачі і економайзери, а також парогенератори, що обігріваються паром		
1.1	Обичайки, днища, решітки, барабани, колектори, камери і кришки	Сталь катана	3.3
1.2	Труби, що обігріваються і не обігріваються	Сталеві безшовні	3.4
1.3	Жарові труби та елементи вогневих камер	Сталь катана	3.3
1.4	Балки, довгі та короткі в'язі	Сталь кована Сталь катана	3.7 3.3
1.5	Корпуси арматури на робочий тиск 0,7МПа і більше	Сталь кована Сталь лита Чавун Мідні сплави	3.7 3.8 3.9 4.1
2	Теплообмінні апарати і посудини під тиском		
2.1	Корпуси, розподільники, днища, колектори і кришки	Сталь кована	3.7

№ з/п	Деталі котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском	Матеріал	Підрозділ частини XIII «Матеріали»
		Сталь катана	3.3
		Сталь лита	3.8
		Мідні сплави	4.1
		Чавун	3.9
2.2	Трубні решітки	Сталь катана	3.3
		Мідні сплави	4.1
2.3	Труби	Сталеві безшовні	3.4
		Мідні сплави	4.1
2.4	Деталі підкріплення, довгі та короткі в'язі	Сталь кована	3.7
		Сталь катана	3.3
2.5	Корпуси арматури на робочий тиск 0,7 МПа і більше, діаметром 50мм і більше	Сталь кована	3.7
		Сталь лита	3.8
		Мідні сплави	4.1
		Чавун	3.9
Примітка. Вибір матеріалу проводиться відповідно до 1.4.			

1.3.4 Технічна документація.

1.3.4.1 До початку виготовлення котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском Регістру повинна бути подана така технічна документація:

.1 конструктивні креслення з розрізами та описами, в яких повинні бути наведені всі дані, необхідні для перевірки розрахунків і конструкцій (міцні розміри, матеріали, електроди, розташування і розміри зварних швів, кріпильні деталі, передбачувана термічна обробка тощо);

.2 конструктивні креслення деталей, зазначених у табл. 1.3.3, якщо всі необхідні дані не наведені в кресленнях, зазначених у 1.3.4.1.1;

.3 креслення розташування арматури з її характеристиками;

.4 виконані відповідно до цієї частини Правил розрахунки на міцність деталей, які зазнають тиску, за винятком арматури, фланців і кріпильних виробів, якщо вони відповідають стандартам, схвалених Регістром;

.5 розрахунок площі прохідних перерізів запобіжних клапанів;

.6 технологічний процес зварювання;

.7 креслення топкових пристроїв, камер і пристроїв для спалювання нафтових осадів і сміття (для котлів-інсинераторів);

.8 для котлів з органічними теплоносіями: принципова схема системи з описом та зазначенням робочих параметрів; креслення розширювальної, дренажної цистерни та цистерни запасу;

.9 програма стендових випробувань.

1.3.4.2 Документація щодо систем автоматичного регулювання, захисту і сигналізації, а також щодо автоматичних топкових пристроїв повинна подаватися згідно до відповідних вимог 4.2 частини I «Класифікація» і 1.4 частини XV «Автоматизація».

1.4 МАТЕРІАЛИ

1.4.1 Матеріали, призначені для виготовлення деталей котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском, повинні відповідати вимогам певних підрозділів частини XIII «Матеріали», зазначених у стовпці 4 табл. 1.3.3.

Матеріали для перерахованих у табл. 1.3.3 деталей котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском класу I і II (за винятком деталей, зазначених у з/п. 1.5 і 2.5), підлягають нагляду Регістру при виготовленні.

Матеріали для перерахованих у табл. 1.3.3 деталей котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском класу II і III можуть поставлятися із сертифікатами за формою 3.1 стандарту EN 10204 (в Україні ДСТУ EN 10204:2017), якщо підтверджені в них результати випробувань відповідають вимогам Правил Регістру. При перевірці документів інспектором Регістру і виникненні обґрунтованих сумнівів в якості використаного матеріалу, Регістр залишає за собою право вимагати проведення додаткових перевірок відповідності матеріалу заявленим властивостям.

Матеріали для деталей котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском класу III, а також деталей, зазначених у з/п. 1.5 і 2.5 табл. 1.3.3 для будь-яких класів, можуть бути обрані по міжнародних або національних стандартах, що діють на момент розгляду техдокументації і поставлятися з документами виробника. Застосування матеріалів у цьому випадку підлягає узгодженню з Регістром при розгляді технічної документації.

1.4.2 Вуглецева та вуглецево-марганцева сталь допускається для виготовлення деталей котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском при розрахункових температурах до 400°C, а низьколегована – до 500°C. Застосування цих сталей для середовищ з температурами вище ніж зазначені може бути допущено за умови, що їхні механічні властивості і границя тривалої міцності за 100000 годин відповідають діючим стандартам і гарантуються виготовлювачем сталі при даній підвищеній температурі.

Елементи та арматура котлів і теплообмінних апаратів для середовищ з температурою вище 500 °C повинні, як правило, виготовлятися з легованої сталі.

1.4.3 Для теплообмінних апаратів і посудин під тиском з розрахунковою температурою менше 250°C за погодженням із Регістром може застосовуватися суднобудівна сталь відповідно до вимог 3.2 частини XIII «Матеріали».

Для деяких деталей теплообмінних апаратів і посудин з робочим тиском менше 0,7МПа і розрахунковою температурою менше 120°C за погодженням із Регістром допускається застосування напівспокійної сталі.

1.4.4 Якщо за розрахункову характеристику матеріалу взята границя плинності при підвищеній температурі (див. 2.1.4.1), повинні бути проведені випробування матеріалу на розтягання при розрахунковій температурі стінки, а якщо взята границя тривалої міцності, Регістру повинні бути надані дані про границю тривалої міцності при розрахунковій температурі стінки.

1.4.5 При застосуванні легованої сталі для котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском повинні бути надані дані про механічні властивості та тривалу міцність сталі і зварних з'єднань при розрахунковій температурі стінки, технологічних властивостях, технології зварювання і термічній обробці.

Застосування чавуну і мідних сплавів для котельної арматури котлів з органічними теплоносіями не допускається.

1.4.6 Котельна арматура з умовним діаметром від 50 до 200мм для робочого тиску p до 1 МПа і робочою температурою до 350°C, може виготовлятися з чавуну з кулястим графітом, що має повністю феритову структуру відповідно до табл. 3.9.3.1 частини XIII «Матеріали».

Для цієї ж арматури, умовним діаметром d менше 50мм, добуток $p \times d$ не повинний перебільшувати 250МПа×мм.

1.4.7 Деталі та арматура теплообмінних апаратів і посудин під тиском для робочих тисків до 1МПа і діаметром до 1000мм можуть виготовлятися з чавуну з кулястим графітом, що має повністю феритову структуру відповідно до табл. 3.9.3.1 частини XIII «Матеріали».

1.4.8 Використання мідних сплавів для деталей котлів, теплообмінних апаратів, посудин під тиском та їхньої арматури допускається для розрахункової температури до 250°C і робочого тиску до 1,6 МПа.

1.4.9 Для деталей, зазначених у п/з 1.2 і 2.3 табл. 1.3.3, за погодженням з Регістром допускається використання електрозварних труб з поздовжнім швом у разі доведення еквівалентності їх безшовним трубам (див. також 3.2.14).

1.4.10 Застосування композитних матеріалів (конструкцій із шарувато-волокнистих композитних матеріалів та металів з циліндричною чи сферичною формою корпусу) допускається у посудинах під тиском для розрахункових температур не вище ніж 60°C.

Виробник чи проєктант повинний надати на схвалення Регістру повні відомості про матеріали, які використовуються (структура та щільність армування, модулі пружності та зсуву, границі плинності, границі міцності, граничних деформацій, ударній в'язкості, опору малоцикловій утомності тощо).

Крім того, повинні бути надані відомості про конструкцію виробу, способу виготовлення (залишкових напруженнях після ущільнення лейнера, термообробці тощо), робочому середовищі та експлуатаційних навантаженнях.

1.5 ЗВАРЮВАННЯ

1.5.1 Зварювання і неруйнівний контроль зварних з'єднань повинні виконуватися відповідно до вимог частини XIV «Зварювання» цих Правил.

1.5.2 Типові приклади допустимих зварних з'єднань зазначені в додатку.

Міцність інших конструкцій, в яких застосовуються кутові зварні з'єднання або з'єднання, що зазнають вигинальних зусиль, повинна бути підтверджена розрахунком на міцність і утомну міцність.

1.6 ТЕРМІЧНА ОБРОБКА

1.6.1 Деталі, структура матеріалу яких може порушуватися після зварювання або пластичної обробки, повинні бути піддані належній термічній обробці.

При термічній обробці зварної конструкції повинні виконуватися вимоги 2.4.4 частини XIV «Зварювання» цих Правил.

1.6.2 Термічна обробка повинна проводитися в таких випадках:

.1 коли елементи котлів, посудин і теплообмінних апаратів, виготовлених із листової сталі, піддаються холодному штампуванню, вигину та відфланцюванню з пластичною деформацією зовнішніх волокон більше ніж 5%;

.2 коли трубні решітки зварені з кількох частин; при цьому термічна обробка може проводитися до свердління отворів під труби;

.3 коли зварні днища виготовлені холодним штампуванням;

.4 коли елементи піддані гарячій обробці тиском, температура наприкінці якої нижче ніж температура кування металу;

.5 коли використовуються зварні конструкції із вмістом вуглецю в сталі більше ніж 0,25%.

1.7 ВИПРОБУВАННЯ

1.7.1 Усі елементи котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском після виготовлення або складання повинні піддаватися гідравлічним випробуванням відповідно табл. 1.7.1.

1.7.2 Гідравлічні випробування повинні проводитися після закінчення всіх зварювальних робіт до встановлення ізоляції та нанесення захисних покриттів.

1.7.3 Якщо після складання всебічний огляд випробуваних поверхонь окремих вузлів і деталей утруднений або неможливий, вони підлягають випробуванню до складання.

1.7.4 Розміри елементів, випробуваних пробним тиском $p_w + 0,1 \text{ МПа}$, а також елементів, випробуваних пробним тиском вищим, ніж зазначено в табл. 1.7.1, повинні піддаватися перевірочному роз-рахунку на цей тиск; при цьому напруження не повинні перевищувати 0,9 границі плинності матеріалу.

1.7.5 Парові котли після встановлення на судні повинні бути піддані паровому випробуванню робочим тиском.

1.7.6 Повітрязберігачі після встановлення на судні повинні піддаватися повітряному випробуванню робочим тиском у зборі з арматурою.

Таблиця 1.7.1

№ з/п	Елементи котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском	Пробний тиск p_h , МПа	
		після виготовлення або з'єднання елементів міцного корпусу без арматури	у зібраному вигляді з установленою арматурою
1	2	3	4
1	Котли, пароперегрівачі, економайзери та елементи, що працюють при температурі нижче 350°C	$1,5p_w$, але не менше $p_w + 0,1 \text{ МПа}$	$1,25p_w$, але не менше $p_w + 0,1 \text{ МПа}$
2	Котли з органічними теплоносіями	$1,5p_w$, але не менше $p_w + 0,1 \text{ МПа}$	$1,5p_w$, але не менше $p_w + 0,1 \text{ МПа}$
3	Пароперегрівачі та їхні елементи, що працюють при температурі 350°C і вище	$1,5p_w \frac{R_{eL}/350}{R_{eL}/t}$	$1,25p_w$
4	Теплообмінні апарати, посудини під тиском та їхні елементи, що працюють при температурі нижче 350°C і під тиском ^{1,2} до 15 МПа вище 15 МПа	$1,5p_w$, але не менше $p_w + 0,1 \text{ МПа}$ $1,35p_w$	— —
5	Теплообмінні апарати та їхні елементи, що працюють при температурі 350°C і вище і під тиском ² до 15 МПа вище 15 МПа	$1,5p_w \frac{R_{eL}/350}{R_{eL}/t}$ $1,35p_w \frac{R_{eL}/350}{R_{eL}/t}$	— —
6	Елементи топкових пристроїв, які зазнають тиску палива	—	$1,5p_w$, але не менше 1 МПа
7	Газові порожнини утилізаційних котлів	—	Випробування повітрям тиском $0,01 \text{ МПа}$
8	Арматура котлів	Відповідно до 1.3 частини IX «Механізми», але не менше $2p_w$	Випробування на герметичність закриття тиском $1,25p_w$
9	Живильні клапани котлів і запірні клапани котлів з органічними теплоносіями	$2,5p_w$	Те саме
10	Арматура теплообмінних апаратів і посудин під тиском	Відповідно до 1.3 частини IX «Механізми»	Те саме

№ з/п	Елементи котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском	Пробний тиск p_h , МПа	
		після виготовлення або з'єднання елементів міцного корпусу без арматури	у зібраному вигляді з установленою арматурою
1	2	3	4
¹ Випробування охолоджувачів ДВЗ — див. табл. 1.3.3 частини IX «Механізми». ² При $p_w=15 - 16,6$ МПа; $p_h \geq 22,5$ МПа. Умовні позначення: p_h — пробний тиск під час випробування, МПа; p_w — робочий тиск, МПа, але не менше 0,1 МПа; $R_{eL/350}$ — нижня границя плинності матеріалу при 350°C, МПа; $R_{eL/t}$ — нижня границя плинності при робочій температурі, МПа.			

1.7.7 Теплообмінні апарати і посудини холодильних установок підлягають випробуванню відповідно до **12.1** частини XII «Холодильні установки».

1.8 КОТЕЛЬНІ ПРИМІЩЕННЯ

1.8.1 Котельні приміщення повинні відповідати вимогам **4.2 – 4.5** частини VII «Механічні установки».

2. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

2.1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

2.1.1 Область застосування.

2.1.1.1 Одержувані внаслідок розрахунку товщини стінок є мінімально допустимими для нормальних умов експлуатації.

Норми і методи розрахунку на міцність не враховують технологічних допусків щодо товщин під час виготовлення, які повинні враховуватися як додатки до розрахункових товщин.

Додаткові напруження від зовнішніх навантажень (осьових зусиль, вигинальних і крутних моментів), що діють на розраховуваний елемент (зокрема навантажень від власної ваги, ваги приєднаних деталей тощо), повинні за вимогою Регістру враховуватися окремо.

2.1.1.2 Розміри конструктивних елементів котлів, теплообмінних апаратів і посудин, для яких методи розрахунку на міцність у цих Правилах не наведені, визначаються на основі дослідних даних і апробованих теоретичних розрахунків на міцність по загальноприйнятих і погоджених з Регістром стандартах.

2.1.2 Розрахунковий тиск.

2.1.2.1 Розрахунковий тиск, за яким проводяться розрахунки на міцність елементів котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском, слід брати таким, що дорівнює, як правило, робочому тиску середовища.

Гідростатичний тиск повинний враховуватися під час визначення розрахункового тиску, коли він перевищує 0,05МПа.

2.1.2.2 Для прямооточних котлів і котлів з примусовою циркуляцією розрахунковий тиск повинний братися з урахуванням гідродинамічних опорів в елементах котла при розрахунковій паропроодуктивності.

2.1.2.3 Для плоских стінок, що зазнають тиску з обох боків, за розрахунковий необхідно брати найбільший діючий тиск.

Стінки у вигляді вигнутих поверхонь, що зазнають тиску з обох боків, слід розраховувати на найбільший внутрішній і зовнішній тиск.

Якщо з одного боку стінки у вигляді плоскої або вигнутої поверхні тиск нижчий ніж атмосферний, то за розрахунковий слід брати найбільший тиск, що діє з іншого боку стінки і збільшений на 0,1МПа.

2.1.2.4 Для економайзерів за розрахунковий тиск повинна братися сума робочого тиску в паровому колекторі котла і гідродинамічних опорів в економайзері, трубопроводах і арматурі при розрахунковій паропроодуктивності котла.

2.1.2.5 Для теплообмінних апаратів і посудин під тиском холодильних установок розрахункові тиски повинні братися відповідно до 2.2.2 частини XII «Холодильні установки».

2.1.3 Розрахункова температура.

2.1.3.1 Для визначення допустимих напружень залежно від температури середовища та умов обігрівання розрахункова температура стінки повинна братися не менше ніж зазначена в табл. 2.1.3.1.

2.1.3.2 Визначення розрахункової температури стінки t елементів пароперегрівача з найбільшою температурою перегрітої пари $t_n > 400^\circ\text{C}$ повинне проводитися за кількома перерізами пароперегрівача з урахуванням можливих експлуатаційних підвищень температури в окремих елементах і дільницях у діапазоні всіх можливих експлуатаційних навантажень котла.

За розрахункову повинна братися максимальна отримана розрахунком температура в найбільше напруженому перерізі пароперегрівача.

Номінальна розрахункова температура стінок труб пароперегрівача при $t_n > 400^\circ\text{C}$ (див. п/з. 2.3 табл. 2.1.3.1) визначається за формулою:

$$t = t_a + \Delta t_q + \Delta t, \quad (2.1.3.2-1)$$

де:

t_a – середня температура пари в перерізі труби, що розглядається, °С, визначається за результатами аналізу теплових умов роботи пароперегрівача і його компоновальних схем, а також за результатами теплового розрахунку котла;

Δt_q – середня різниця між розрахунковою температурою стінки труби і температурою пари в перерізі труби, що розглядається, °С. Для її визначення необхідно обчислити або взяти з теплового розрахунку котла такі дані:

α_1 – середній по окружності труби коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до стінки труби, Вт/(м² · К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до пари, Вт/(м² · К);

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, Вт/(м² · К);

t_k – температура димових газів перед рядом труб, що розглядається, °С.

Δt_q визначається за рис. 2.1.3.2-1.

Для визначення Δt_q знаходиться допоміжна величина A_0 за формулою

$$A_0 = k_0 \frac{1,6\alpha_1 + \alpha_3}{\alpha_2}, \quad (2.1.3.2-2)$$

де: k_0 – коефіцієнт, що визначається за рис. 2.1.3.2-2.

Для труб перегрівачів, що обігріваються, Δt залежить від коефіцієнта нерівномірності теплосприйняття по ширині газоходу перегрівача k і збільшення температури пари Δt_v на ділянці від входу пари в трубу до перерізу, що розглядається, і визначається за рис. 2.1.3.2-3.

Коефіцієнт k береться рівним:

1,3 – для вертикальних водотрубних котлів звичайного типу з петльовими або змійовиковими перегрівачами;

1,2 – для U-подібних судових котлів шахтного типу із змійовиковими перегрівачами.

Примітка. Під час розрахунку колекторів і труб перегрівачів, які не обігріваються, з $t_n > 400^\circ\text{C}$, Δt_v є повним збільшенням температури пари в ступені або секції перегрівника, що розглядається.

Таблиця 2.1.3.1

№ з/п	Елементи котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском та умови їхньої роботи	Розрахункова температура стінки, °С
1	2	3
1	Елементи, що зазнають впливу променистого тепла	
1.1	Труби котельні	$t_m + 50$
1.2	Труби пароперегрівачів	$t + 50$
1.3	Хвилясті жарові труби	$t_m + 75$
1.4	Гладкі жарові труби, колектори, камери, вогневі камери	$t_m + 90$
2	Елементи, що обігріваються гарячими газами, але захищені від впливу променистого тепла¹	
2.1	Обичайки, днища, колектори, камери, трубні решітки і труби котельні	$t_m + 30$
2.2	Колектори і труби пароперегрівачів при температурі пари до 400 °С	$t_m + 35$
2.3	Те саме, при температурі пари понад 400 °С	$t_m + x\Delta t + 25$
2.4	Утилізаційні котли, що працюють без режиму термічного очищення поверхонь нагрівання	$t_m + 30$
2.5	Те саме, з режимом термічного очищення поверхонь нагрівання	t_v
3	Елементи, що обігріваються парою або рідинами	t_v
4	Елементи, що не обігріваються ²	t_m

№ з/п	Елементи котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском та умови їхньої роботи	Розрахункова температура стінки, °C
¹	Див. 2.1.3.4.	
²	Див. 2.1.3.3.	
Умовні позначення:		
t_m – найбільша температура середовища, яке нагрівається, в елементі, що розглядається, °C;		
t_v – найбільша температура середовища, яке гріє, °C;		
t – номінальна розрахункова температура стінки труби, що визначається відповідно до 2.1.3.2, °C;		
Δt – перевищення температури пари в найбільше теплонпруженій трубі над середньою температурою t_a (дива. 2.1.3.2), °C;		
x – коефіцієнт, що характеризує перемішування пари в колекторі пароперегрівача;		
$x = 0$ – при зосередженому бічному або торцевому підведенні пари до колектору;		
$x = 0,5$ – при рівномірному розосередженому підведенні пари до колектору.		

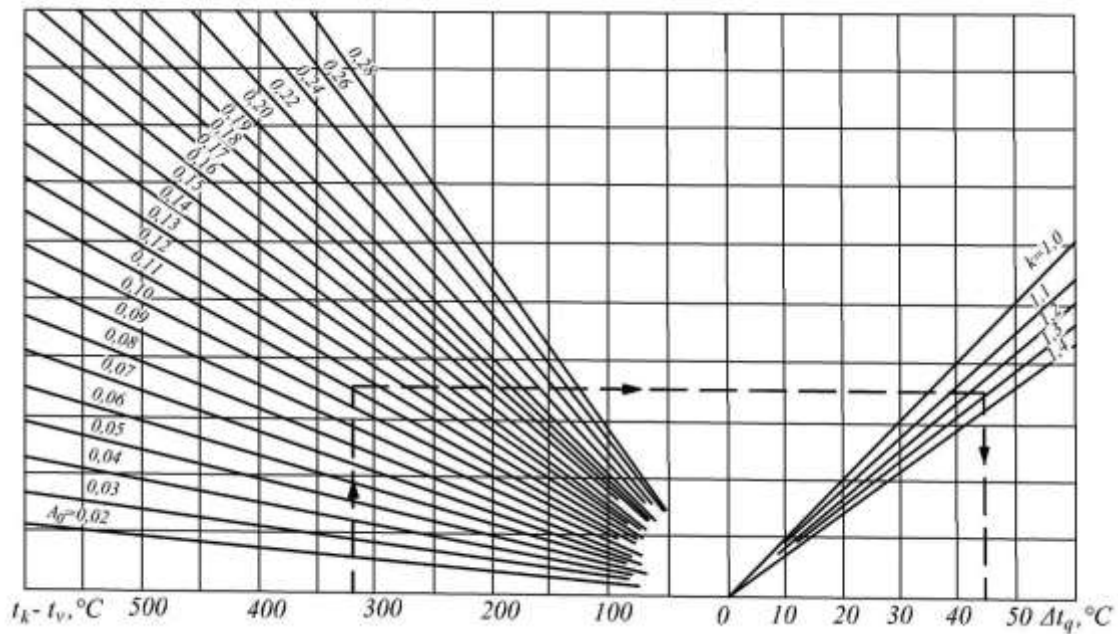


Рис.2.1.3.2-1

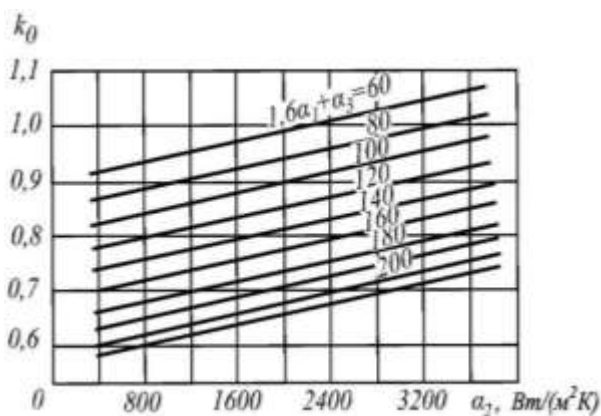


Рис.2.1.3.2-2

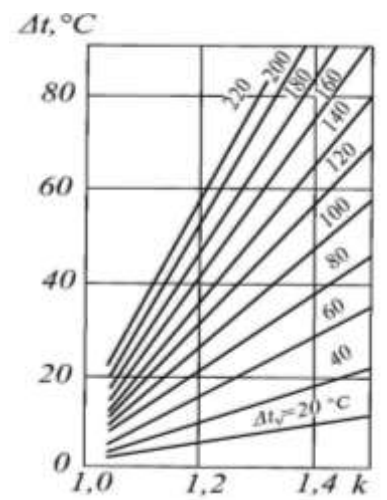


Рис.2.1.3.2-3

2.1.3.3 Стінками, що не обігріваються, вважаються:

.1 відділені від топкового простору або димоходу вогнетривкою ізоляцією, а відстань між ними і цією ізоляцією становить 300мм і більше, або

.2 захищені вогнетривкою ізоляцією, що не зазнає впливу променистого тепла.

2.1.3.4 Захищеними від впливу променистого тепла вважаються стінки, захищені:

.1 вогнетривкою ізоляцією, або

.2 щільним рядом труб (з максимальним проміжком між трубами в цьому ряду до 3мм), або

.3 двома розташованими в шаховому порядку рядами труб з поздовжнім кроком, який дорівнює не більше ніж двом зовнішнім діаметрам, або трьома і більше розташованими в шаховому порядку рядами труб з поздовжнім кроком, що дорівнює не більше як 2,5 зовнішнього діаметра труб.

2.1.3.5 Розрахункова температура стінок котла, які обігріваються, і паропровідних стінок котла, що не обігріваються, повинна бути не менше ніж 250°C.

2.1.3.6 Застосування неізольованих стінок котлів, що обігріваються димовими газами, товщиною більше ніж 20мм допускається лише для температури газів до 800°C.

Якщо при товщині стінок менше ніж 20мм і температурі димових газів понад 800°C є ділянки, які не захищені ізоляцією або рядами труб і мають протяжність більше 8 діаметрів труб, розрахункова температура стінки повинна визначатися тепловим розрахунком.

Вимоги до захисту стінок від впливу променистого тепла наведені в **3.2.8**.

2.1.3.7 Розрахункова температура стінок теплообмінних апаратів і посудин, які працюють під тиском холодильного агента, повинна братися такою, що дорівнює 20°C, якщо не можуть виникнути вищі температури.

2.1.4 Характеристики міцності матеріалів і допустимі напруження.

2.1.4.1 При визначенні допустимих напружень для вуглецевих та легованих сталей з відношенням величин верхньої границі плинності R_{eH} до тимчасового опору R_m менше ніж 0,6, за розрахункові характеристики міцності приймаються нижня границя плинності $R_{eL/t}$ або умовна границя плинності $R_{p0,2/t}$ і границя тривалої міцності за 100000 годин $R_{m/t100000}$ при розрахункових температурах.

Для сталей з відношенням $R_{eH}/R_m > 0,6$, додатково необхідно брати тимчасовий опір $R_{m/t}$ при розрахунковій температурі;

Для сталей, які працюють в умовах повзучості (при температурі вище ніж 450 °C) незалежно від відношення R_{eH}/R_m до перелічених вище характеристик міцності слід додавати умовну границю повзучості $R_{1\%(10^\circ)/t}$ при розрахунковій температурі.

При цьому для $R_{eL/t}$, $R_{p0,2/t}$ і $R_{m/t}$ повинні братися мінімальні значення, згідно з умовами на постачання сталі, а для $R_{m/t}$ і $R_{1\%(10^\circ)/t}$ – середні значення.

2.1.4.2 Для матеріалів без чітко вираженого майданчика плинності за розрахункову характеристику повинне братися мінімальне значення тимчасового опору $R_{m/t}$ при розрахунковій температурі.

2.1.4.3 Для чавуну з кулястим графітом і ковкого чавуну з феритно-перлітною та перлітною структурою і відносним подовженням меншим ніж 5%, як розрахункова характеристика міцності повинно прийматися мінімальне значення тимчасового опору R_v при 20°C.

Для чавунів з феритною структурою і відносним подовженням більшим ніж 5%, як розрахункова характеристика міцності повинне використовуватися менше із двох значень:

R_v - мінімальна границя міцності матеріалу при 20°C або

$R_{0,2}$ - умовна границя плинності при 20°C, при якій залишкове подовження складає 0,2%.

2.1.4.4 При застосуванні кольорових металів та їхніх сплавів необхідно враховувати, що їхнє нагрівання при обробці та зварюванні знімає зміцнення, одержане в холодному стані, тому для розрахунку на міцність деталей і вузлів з таких матеріалів необхідно брати характеристики міцності, які відповідають їхньому стану після термічної обробки.

2.1.4.5 Рекомендовані значення розрахункових характеристик сталей зазначені в табл. 7.1 і 7.2.

Для матеріалів, не вказаних у зазначених таблицях, характеристики міцності при підвищених температурах беруться за стандартами, погодженими із Регістром.

2.1.4.6 Допустимі напруження σ , МПа, застосовувані під час розрахунку міцних розмірів, повинні братися рівними меншому із значень (з умовою додержання вимог **2.1.4.1 – 2.1.4.5**):

$$\sigma = R_{m/t}/n_{TO}, \sigma = R_{1\%(10^\circ)/t}/n_{Po}, \sigma = R_{eL/t}/n_{Pl} \text{ (або } \sigma = R_{p0,2/t}/n_{Pl}), \sigma = R_{m/t100000}/n_{TM}, \quad (2.1.4.6)$$

де:

n_{TO} – коефіцієнт запасу міцності по тимчасовому опору;

n_{Po} – коефіцієнт запасу міцності по границі повзучості;

n_{Pl} – коефіцієнт запасу міцності по границі плинності;

n_{TM} – коефіцієнт запасу міцності по границі тривалої міцності (100 000 год.);

$R_{m/t}$ – тимчасовий опір при розрахунковій температурі;

$R_{1\%(10^\circ)/t}$ – умовна границя повзучості при розрахунковій температурі;

$R_{p0,2/t}$ – умовна границя плинності;

$R_{m/t100000}$ – границя тривалої міцності за 100 000 год.;

$R_{eL/t}$ – нижня границя плинності при робочій температурі, МПа.

Коефіцієнти вибираються згідно з **2.1.5**.

2.1.5 Коефіцієнти запасу міцності.

2.1.5.1 Для елементів, що виготовлені зі сталевих поковок та прокату і зазнають внутрішнього тиску, коефіцієнти запасу міцності повинні братися не менше ніж:

$$n_{Pl} = n_{TM} = 1,6; n_{TO} = 2,7 \text{ і } n_{Po} = 1,0.$$

Для елементів, які знаходяться під зовнішнім тиском, коефіцієнти запасу міцності n_{Pl} , n_{TM} і n_{TO} повинні бути збільшені на 20%.

2.1.5.2 Для елементів котлів, теплообмінних апаратів, посудин під тиском класів II і III, які виготовлені зі сталі з відношенням $R_{eH}/R_m \leq 0,6$, коефіцієнти запасу міцності можуть бути взяті:

$$n_{Pl} = n_{TM} = 1,5 \text{ і } n_{TO} = 2,6.$$

2.1.5.3 Для елементів котлів, теплообмінних апаратів і посудин, які виготовлені зі сталевих литва і зазнають внутрішній тиск, коефіцієнти міцності повинні бути взяті не менше ніж:

$$n_{Pl} = n_{TM} = 2,2, n_{TO} = 3,0, n_{Po} = 1,0.$$

Для елементів, що зазнають зовнішній тиск, коефіцієнти запасу міцності повинні бути збільшені на 20% (виключаючи n_{Po} , який залишається таким, що дорівнює 1).

2.1.5.4 Коефіцієнти запасу міцності n_{Pl} і n_{TM} для теплонапружених відповідальних елементів котлів необхідно брати рівними:

- 3,0 – для хвилястих жарових труб;

- 2,5 – для гладких жарових труб, вогневих камер, з'єднувальних труб, довгих та коротких в'язей;

- 2,2 – для димових патрубків, що зазнають тиску, та інших подібних стінок, які обігріваються газами.

2.1.5.5 При визначенні міцних розмірів для елементів із сірого чавуну, чавуну з кулястим графітом і ковкого чавуну з феритно-перлітною та перлітною структурою з відносним подовженням менше ніж 5%, коефіцієнт запасу міцності по тимчасовому опору n_{TO} , повинний прийматися рівним 4,8 після відпалу і 7,0 – без відпалу як для зовнішнього, так і для внутрішнього тиску.

Для елементів із чавуну феритної структури з відносним подовженням більшим ніж 5% коефіцієнт запасу міцності по тимчасовому опору n_{TO} , береться рівним 4,0 для внутрішнього тиску і 4,8 – для

зовнішнього тиску відповідно, а коефіцієнт запасу міцності по умовній границі плинності $n_{пл}$, береться рівним 2,8.

2.1.6 Коефіцієнти міцності.

2.1.6.1 Коефіцієнт міцності зварних з'єднань ϕ повинний вибиратися за табл. 2.1.6.1-1 залежно від конструкції з'єднання і способу зварювання; при цьому коефіцієнт міцності зварного з'єднання ϕ залежно від класу котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском (див. 1.3.1.2) повинний братися не менше ніж зазначений у табл. 2.1.6.1-2.

Таблиця 2.1.6.1-1

Зварювання	Зварне з'єднання	Зварний шов	φ
Автоматичне	Стикове	Двосторонній	1,0
		Односторонній на підкладці	0,9
		Односторонній без підкладки	0,8
	Внапуск	Двосторонній	0,8
		Односторонній	0,7
Механізоване і ручне	Стикове	Двосторонній	0,9
		Односторонній на підкладці	0,8
		Односторонній без підкладки	0,7
	Внапуск	Двосторонній	0,7
		Односторонній	0,6
Примітки: 1. У всіх випадках повинний бути забезпечений повний провар кореня шва. 2. Для електрошлакового зварювання коефіцієнт міцності зварного з'єднання береться φ = 1,0.			

Таблиця 2.1.6.1-2

Обладнання	Коефіцієнт міцності зварного з'єднання ϕ залежно від класу котлів		
	I	II	III
Котли, пароперегрівачі і парозбірники	0,90	0,80	—
Парогенератори, що обігріваються парою	0,90	0,80	—
Теплообмінні апарати і посудини під тиском	0,90	0,70	0,60

2.1.6.2 Коефіцієнт міцності ϕ циліндричних стінок, ослаблених неукріпленими отворами однакового діаметра, повинний братися таким, що дорівнює найменшому з трьох коефіцієнтів:

1 коефіцієнту міцності циліндричних стінок, ослаблених поздовжнім рядом або коридорним полем отворів з однаковим кроком (рис. 2.1.6.2.1), визначеному за формулою

$$\phi = (a - d)/a; \quad (2.1.6.2.1)$$

2 зведеному до поздовжнього напрямку коефіцієнту міцності циліндричних стінок, ослаблених поперечним рядом або полем отворів з однаковим кроком (рис. 2.1.6.2.1), визначеному за формулою

$$\phi = 2(a_1 - d)/a_1; \quad (2.1.6.2.2)$$

3 зведеному до поздовжнього напрямку коефіцієнту міцності циліндричних стінок, ослаблених полем отворів, розташованих у шаховому порядку із рівномірним розташуванням отворів (рис. 2.1.6.2.3), визначеному за формулою

$$\phi = k(a_2 - d)/a_2, \quad (2.1.6.2.3)$$

де:

d – діаметр отвору під увальцьовувані труби або внутрішній діаметр приварних труб і висаджених штуцерів, мм;

a – крок між центрами двох сусідніх отворів у поздовжньому напрямку, мм;

a_1 – крок між центрами двох сусідніх отворів у поперечному (окружному) напрямку (береться по дузі середньої окружності), мм;

a_2 – крок між центрами двох сусідніх отворів у косому напрямку, мм, який визначається за формулою

$$a_2 = \sqrt{l^2 + l_1^2};$$

l – відстань між центрами двох сусідніх отворів у поздовжньому напрямку (див. рис. 2.1.6.2.3), мм;

l_1 – відстань між центрами двох сусідніх отворів у поперечному (окружному) напрямку (див. рис. 2.1.6.2.3), мм;

k – коефіцієнт, який визначається за табл. 2.1.6.2.3 залежно від l_1/l .

Таблиця 2.1.6.2.3

l_1/l	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
k	1,76	1,73	1,70	1,65	1,60	1,51	1,41	1,27	1,13	1,00

Примітка. Проміжні значення k визначаються інтерполяцією.

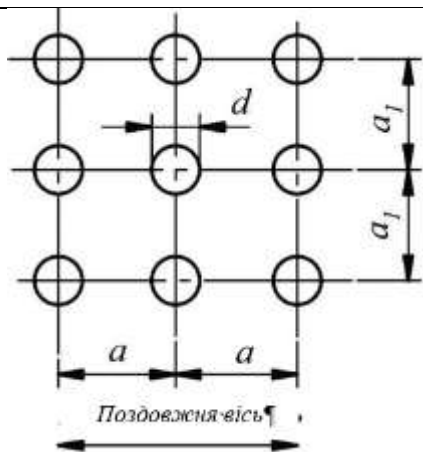


Рис.2.1.6.2.1

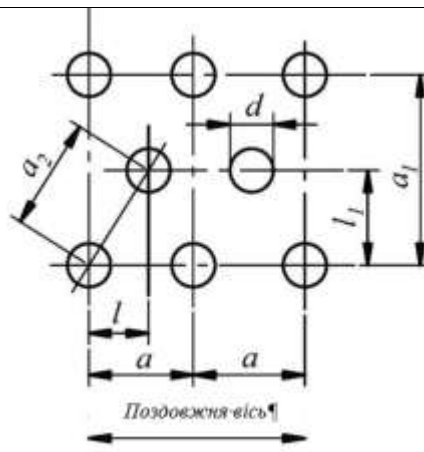


Рис.2.1.6.2.3

2.1.6.3 Якщо в рядах або полях отворів із рівномірним кроком є отвори різних діаметрів, то у формулах (2.1.6.2.1), (2.1.6.2.2) і (2.1.6.2.3) для визначення коефіцієнта міцності замість d необхідно брати середнє арифметичне діаметрів двох найбільших отворів, розташованих поруч.

При нерівномірному кроці отворів однакового діаметра у формулах визначення коефіцієнта міцності беруться найменші значення a , a_1 і a_2 .

2.1.6.4 У разі розташування отворів у зварних швах, або коли відстань між кромкою ближнього до зварного шва отвору і центром зварного шва менше ніж 50мм, або менше половини ширини зони найбільшого місцевого впливу вирізу Q , мм, що визначається за формулою (2.1.6.4), за коефіцієнт міцності необхідно брати добуток коефіцієнта міцності зварного з'єднання і коефіцієнта міцності від ослаблення отворами.

У разі розташування кромки отвору більше ніж на $0,5Q$ та більше 50мм від центра зварного шва, то за коефіцієнт міцності необхідно брати менший із коефіцієнтів міцності зварного з'єднання і ослаблення отворами.

Ширина зони найбільшого впливу вирізу Q , мм, визначається за формулою

$$Q = \sqrt{D_m(s - c)}, \quad (2.1.6.4)$$

де:

s – товщина стінки;

c – додаток на корозію (див. 2.1.7), мм;

D_m – середній діаметр ослабленої стінки, мм.

Для циліндричних стінок та опуклих днищ

$$D_m = D + s, \text{ або } D_m = D_a - s.$$

Для конічних стінок

$$D_m = (D_a / \cos \alpha) - s, \text{ або } D_m = (D / \cos \alpha) - s, \text{ де } D_a - \text{зовнішній діаметр};$$

D – внутрішній діаметр.

Для конічних стінок D і D_a вибираються за перерізом центра отвору, що ослаблює стінку;

α – кут між конічною стінкою і центральною віссю (див. рис. 2.3.1-1).

2.1.6.5 Для безшовних циліндричних стінок, не ослаблених зварними з'єднаннями і рядом або полем отворів, коефіцієнт міцності ϕ береться рівним 1.

Коефіцієнт міцності ϕ в усіх випадках повинний братися не більше 1.

2.1.6.6 Коефіцієнти міцності стінок, ослаблених отворами під увальцювані труби, визначені за формулами (2.1.6.2.1), (2.1.6.2.2) і (2.1.6.2.3), повинні братися не менше 0,3.

2.1.6.7 При виготовленні циліндричних стінок із листів різної товщини, сполучених поздовжніми зварними швами, розрахунки товщин стінок повинні проводитися для кожного листа з урахуванням ослаблень у них.

2.1.6.8 Для труб з поздовжнім зварним швом коефіцієнт міцності вибирається згідно з **2.1.6.1**.

2.1.6.9 Коефіцієнти міцності циліндричних, конічних стінок та опуклих днищ, ослаблених одиночними вирізами, визначаються за формулами:

для одиночних не зміцнених вирізів

$$\phi_{\text{он}} = \frac{2}{d / Q + 1,75}, \quad (2.1.6.9-1)$$

для одиночних зміцнених вирізів

$$\phi_{\text{оз}} = \phi_{\text{он}} \left(1 + \frac{\sum f}{2(s-c)Q} \right), \quad (2.1.6.9-2)$$

де:

$\sum f$ – сума компенсуючих площ зміцнень, мм² (визначається згідно з **2.9**);

d – діаметр вирізу, мм;

s – товщина стінки, мм;

c – додаток на корозію, мм, який приймається згідно з **2.1.7**;

Q – визначається згідно з **2.1.6.4**.

2.1.6.10 При визначенні допустимих товщин стінок циліндричних, сферичних, конічних елементів та опуклих днищ за розрахункове значення коефіцієнта міцності береться менше із значень для ряду або поля не зміцнених отворів згідно з **2.1.6.2 – 2.1.6.7** та одиночних зміцнених або не зміцнених отворів, що визначаються згідно з **2.1.6.9**.

2.1.6.11 Коефіцієнт міцності плоских трубних решіток повинний визначатися для тангенціального та радіального кроків за формулою (2.1.6.2.1); для розрахунку товщини трубних решіток повинне братися менше з цих значень.

2.1.7 Додаток до розрахункових товщин.

2.1.7.1 В усіх випадках, коли додаток c до розрахункової товщини стінки не обумовлений окремо, він повинний братися не менше 1 мм.

Для сталевих стінок товщиною більше 30мм, для стінок з кольорових сплавів або високолегованих матеріалів, стійких до впливу корозії, а також для матеріалів, захищених від впливу корозії, додаток до розрахункової товщини стінок може бути знижений до нуля.

2.1.7.2 Для теплообмінних апаратів і посудин під тиском, які недоступні для внутрішнього огляду або стінки яких схильні до сильної корозії або зносу, за вимогою Регістру додаток c може бути збільшений.

2.2 ЦИЛІНДРИЧНІ, СФЕРИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ І ТРУБИ

2.2.1 Елементи, що зазнають внутрішній тиск.

2.2.1.1 Вимоги, зазначені нижче, дійсні для таких умов:

- якщо $D_a/D \leq 1,6$ – для циліндричних стінок;

- якщо $D_a/D \leq 1,7$ – для труб;

- якщо $D_z/D \leq 1,2$ – для сферичних стінок.

Циліндричні стінки з $D_a \leq 200$ мм розглядаються як труби.

2.2.1.2 Товщина s , мм, циліндричних стінок і труб повинна бути не менше визначеної за формулою:

$$s = \frac{D_a p}{2\sigma\phi + p} + c, \quad (2.2.1.2-1)$$

або

$$s = \frac{D p}{2\sigma\phi - p} + c, \quad (2.2.1.2-2)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

D_a – зовнішній діаметр, мм;

D – внутрішній діаметр, мм;

ϕ – коефіцієнт міцності (див. 2.1.6);

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

c – додаток (див. 2.1.7), мм.

2.2.1.3 Товщина сферичних стінок повинна бути не менше визначеної за формулами:

$$s = \frac{D_a p}{4\sigma\phi + p} + c, \quad (2.2.1.3-1)$$

або

$$s = \frac{D p}{4\sigma\phi - p} + c. \quad (2.2.1.3-2)$$

Позначення ті ж самі, що в 2.2.1.2.

2.2.1.4 Товщина сферичних і циліндричних стінок і труб, незалежно від результатів, отриманих за формулами (2.2.1.2-1), (2.2.1.2-2), (2.2.1.3-1) і (2.2.1.3-2), повинна бути не менше:

.1 5мм – для суцільнотягнутих і зварних елементів;

.2 12мм – для трубних решіток з розвальцьовуваними трубами з радіальним розташуванням отворів;

.3 6мм – для трубних решіток з приварними або припаяними трубами;

.4 зазначених у табл. 2.2.1.4 – для труб.

Товщина стінок труб, що обігріваються газами з температурою вище ніж 800°C, повинна бути не більше 6мм.

Таблиця 2.2.1.4

D_a , мм	<20	>20≤30	>30≤38	>38≤51	>51≤70	>70≤95	>95≤102	>102≤121	>121≤152	>152≤191	>191
s , мм	1,75	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,25	3,5	4,0	5,0	5,4

Примітка. Зменшення товщини стінки, викликане вгином або роздаванням, слід компенсувати додатками.

2.2.1.5 Мінімальні товщини стінок і труб з кольорових сплавів і нержавіючих сталей можуть бути взяті меншими, ніж зазначено в **2.2.1.4**, але не менше ніж визначені за формулами (2.2.1.2-1), (2.2.1.2-2), (2.2.1.3-1) і (2.2.1.3-2).

2.2.2 Елементи, що зазнають зовнішнього тиску.

2.2.2.1 Вимоги, зазначені нижче, дійсні для циліндричних стінок якщо $D_a/D \leq 1,2$.

Товщина труб з $D_a \leq 200$ мм повинна визначатися відповідно до **2.2.1.2**.

2.2.2.2 Товщина s , мм, гладких циліндричних стінок з жорсткими елементами або без них, у то-му числі гладких жарових труб котлів, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = \frac{50(B + \sqrt{B^2 + 0,04AC})}{A} + c; \quad (2.2.2.2-1)$$

де:

$$A = 200 \frac{\sigma}{D_m} \left(1 + \frac{D_m}{10l} \right) \left(1 + \frac{5D_m}{l} \right); \quad (2.2.2.2-2)$$

$$B = p \left(1 + \frac{5D_m}{l} \right); \quad (2.2.2.2-3)$$

$$C = 0,045pD_m, \quad (2.2.2.2-4)$$

p – розрахунковий тиск (див. **2.1.2**), МПа;

D_m – середній діаметр, мм;

σ – допустимі напруження (див. **2.1.4.6** і **2.1.5.3**), МПа;

c – додаток (див. **2.1.7**), мм;

l – розрахункова довжина циліндричної частини між жорсткими елементами, мм.

Як жорсткі елементи можуть братися торцеві днища, приєднання жарової труби до днищ і вогневої камери, а також кільця жорсткості, показані на рис. 2.2.2.2, і подібні конструкції.

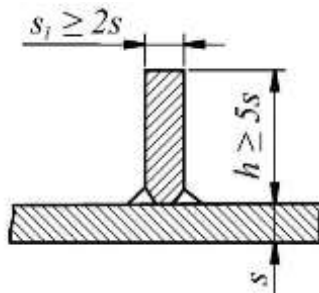


Рис. 2.2.2.2

2.2.2.3 Товщина стінок s , мм, хвилястих жарових труб повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = \frac{pD}{2\sigma} + c, \quad (2.2.2.3)$$

де:

D – найменший внутрішній діаметр жарової труби в хвилястій частині, мм;

p – розрахунковий тиск (див. **2.1.2**), МПа;

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6 і 2.1.5.3), МПа;

c – додаток (див. 2.1.7), мм.

2.2.2.4 Якщо довжина прямої ділянки хвилястої жарової труби від стінки переднього днища до початку першої хвилі перевищує довжину хвилі, товщина стінки цієї ділянки повинна визначатися за формулою (2.2.2.2-1).

2.2.2.5 Товщина гладкої жарової труби повинна бути не менше 7мм і не більше 20мм.

Товщина хвилястої жарової труби повинна бути не менше 10мм і не більше 20мм.

2.2.2.6 Гладкі жарові труби довжиною до 1400мм, як правило, можуть виконуватися без кілець жорсткості.

За наявності в котлі двох жарових труб і більше, кільця жорсткості суміжних труб не повинні лежати в одній площині.

2.2.2.7 Отвори і вирізи в циліндричних і сферичних стінках підлягають зміцненню відповідно до 2.9.

2.2.2.8 Товщина s_1 , мм, S-подібних кілець (рис. 2.2.2.8), що з'єднують топку вертикальних котлів з обичайками і несуть вертикальні навантаження, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s_1 \geq \frac{3,7}{\sigma} \sqrt{pD_1(D_1 - D_0)} + 1, \quad (2.2.2.8)$$

де:

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

D_1 – внутрішній діаметр стінки котла, мм;

D_0 – зовнішній діаметр вогневої камери у місці з'єднання з кільцем жорсткості, мм.

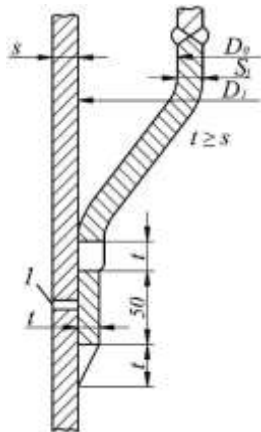


Рис. 2.2.2.8

1 – не менше ніж чотири отвори Ø 10мм, рівномірно розподілені по обичайці

2.3 КОНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

2.3.1 Товщина стінок s , мм, конічних елементів, які зазнають внутрішній тиск, повинна бути не менше визначеної за формулами:

.1 якщо $\alpha \leq 70^\circ$

$$s = \frac{D_a p y}{4 \sigma \varphi} + c \quad (2.3.1.1-1)$$

та

$$s = \frac{D_c p}{2\sigma\phi - p \cos \alpha} + c; \quad (2.3.1.1-2)$$

2 якщо $\alpha > 70^\circ$

$$s = 0,3[D_a - (r + s)]\sqrt{\frac{p}{\sigma\phi} \frac{\alpha}{90^\circ}} + c, \quad (2.3.1.2)$$

де:

D_c – розрахунковий діаметр (рис. 2.3.1-1–2.3.1-4), мм;

D_a – зовнішній діаметр (рис. 2.3.1-1–2.3.1-4), мм;

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

ϕ – коефіцієнт форми (табл. 2.3.1);

$\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – кути (див. рис. 2.3.1-1–2.3.1-4), град;

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

ϕ – коефіцієнт міцності (див. 2.1.6);

для формул (2.3.1.1-1) і (2.3.1.2) необхідно брати коефіцієнт міцності кільцевого зварного з'єднання, а для формули (2.3.1.1-2) – поздовжнього зварного з'єднання;

для безшовних обичайок, а також у разі розміщення кільцевого шва від кромки на відстані, що перевищує $0,5\sqrt{D_a s / \cos \alpha}$, коефіцієнт міцності зварного з'єднання необхідно брати таким, що дорівнює 1;

c – додаток (див. 2.1.7), мм;

r – радіус заокруглення кромки (див. рис. 2.3.1-1, 2.3.1-2 і 2.3.1-4), мм.

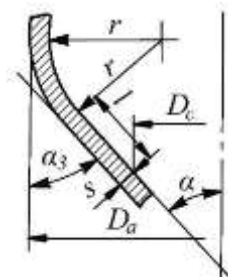


Рис. 2.3.1-1

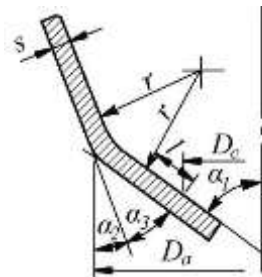


Рис. 2.3.1-2

На рис.2.3.1-1, 2.3.1-2 і 2.3.1-4:

l – відстань від кромки широкого кінця паралельно твірній конусної обичайки, яка береться такою, що дорівнює 10 товщинам, але не більше $\frac{1}{2}$ довжини твірної конусної обичайки, мм.

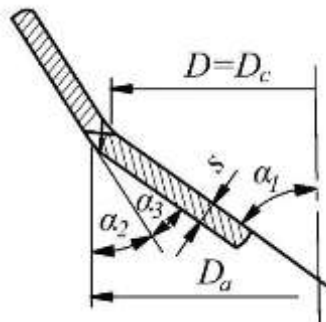


Рис. 2.3.1-3

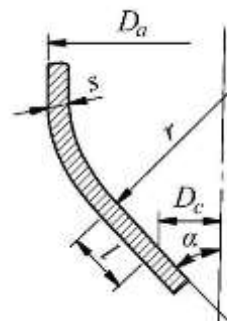


Рис. 2.3.1-4

Таблиця 2.3.1

α , град	Коефіцієнт форми u при r/D_a , що дорівнює:											
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
10	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
20	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
30	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1
45	4,1	3,7	3,3	3,0	2,6	2,4	2,2	1,9	1,8	1,4	1,1	1,1
60	6,4	5,7	5,1	4,7	4,0	3,5	3,2	2,8	2,5	2,0	1,4	1,1
75	13,6	11,7	10,7	9,5	7,7	7,0	6,3	5,4	4,8	3,1	2,0	1,1

Примітка. Для кутових з'єднань коефіцієнт форми u визначається при $r/D_a = 0,01$.

2.3.2 Товщина стінок s , мм, конічних елементів, які зазнають зовнішній тиск, визначається відповідно до **2.3.1** у разі виконання таких умов:

.1 коефіцієнт міцності зварного шва ϕ слід брати рівним 1;

.2 додаток c береться таким, що дорівнює 2мм;

.3 розрахунковий діаметр D_c визначається за формулою

$$D_c = \frac{d_1 + d_2}{2} \frac{1}{\cos \alpha}, \quad (2.3.2.3)$$

де: d_1 і d_2 – найбільший і найменший діаметри конуса, мм;

.4 при $\alpha < 45^\circ$ повинно бути доведено, що не виникає пружна увігнутість стінок. Тиск p_1 , у МПа, при якому виникає пружна увігнутість стінок, визначається за формулою:

$$p_1 = 26E \cdot 10^{-6} \frac{D_c}{l_1} \left[\frac{100(s-c)}{D_c} \right]^2 \sqrt{\frac{100(s-c)}{D_c}}, \quad (2.3.2.4)$$

де:

E – модуль пружності, МПа;

l_1 – максимальна довжина конуса або відстань між підкріпленнями конуса, мм.

Умовою відсутності пружної увігнутості стінок конуса є $p_1 > p$, де p – розрахунковий тиск, МПа.

2.3.3 Зварні кутові з'єднання (див. рис.2.3.1-3) допускаються тільки при $\alpha \leq 30^\circ$ і $s \leq 20$ мм.

З'єднання повинно виконуватися за допомогою двостороннього зварювання. Для конусних обичайок, у яких $\alpha \geq 70^\circ$, кутові з'єднання можуть виконуватися без обробки кромки за умови дотримання вимоги **2.3.2**.

Застосування кутових з'єднань для котлів не рекомендується.

2.3.4 Отвори і вирізи в конічних стінках підлягають зміцненню відповідно до **2.9**.

2.4 ПЛОСКІ СТІНКИ, ДНИЩА І КРИШКИ

2.4.1 Плоскі днища і кришки.

2.4.1.1 Товщина s , мм, плоских днищ, не підкріплених в'язами, і кришок (рис. 2.4.1.1-1–2.4.1.1-8 і 1.2 додатка), повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = k D_c \sqrt{\frac{p}{\sigma}} + c, \quad (2.4.1.1-1)$$

де:

k – розрахунковий коефіцієнт відповідно до рис.2.4.1.1-1–2.4.1.1-8 і 1.1–1.6 додатка;

D_c – розрахунковий діаметр (див. рис. 2.4.1.1-2–2.4.1.1-7 і 1.6 додатка), мм, визначається наступним чином:

для днищ, зазначених на рис. 2.4.1.1-1 і 1.1 додатка, визначається за формулою

$$D_c = D - r; \quad (2.4.1.1-2)$$

для прямокутних і овальних кришок (див. рис. 2.4.1.1-8)

$$D_c = m \sqrt{\frac{2}{1 + (m/n)^2}}; \quad (2.4.1.1-3)$$

D – внутрішній діаметр, мм;

r – внутрішній радіус сполучення днища, мм; n і m – найбільша і найменша довжина сторін або осі отворів, що вимірюється до середини ущільнення (рис. 2.4.1.1-8), мм;

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

c – додаток (див. 2.1.7), мм;

D_b – діаметр окружності закріпних болтів (див. рис. 2.4.1.1-6), мм.

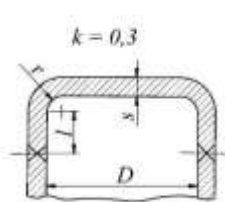


Рис. 2.4.1.1-1

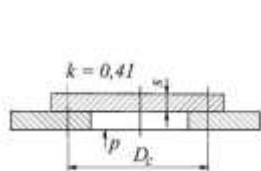


Рис. 2.4.1.1-2

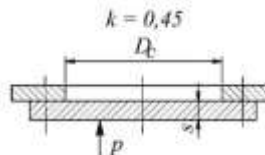


Рис. 2.4.1.1-3

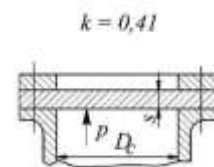


Рис. 2.4.1.1-4

На рис. 2.4.1.1-1 і рис. 1.1 Додатка: l – довжина циліндричної частини днища, мм.

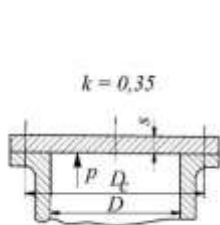


Рис. 2.4.1.1-5

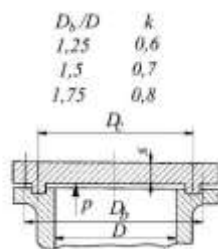


Рис. 2.4.1.1-6



Рис. 2.4.1.1-7

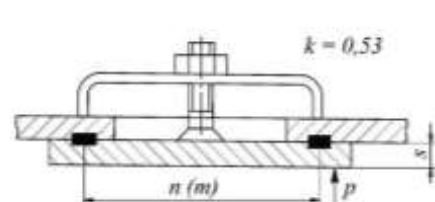


Рис. 2.4.1.1-8

2.4.1.2 Товщина s , мм, днищ, зазначених на рис. 1.2 додатка, повинна бути не менше визначеної за формулою (2.4.1.1-1).

Крім того, повинні витримуватися такі умови:

.1 для круглих днищ

$$0,77s_1 \geq s_2 \geq \frac{1,3p}{\sigma} \left(\frac{D_c}{2} - r \right); \quad (2.4.1.2.1)$$

.2 для прямокутних днищ

$$0,55s_1 \geq s_2 \geq \frac{1,3p}{\sigma} \frac{mn}{m+n}, \quad (2.4.1.2.2)$$

де:

s_1 – товщина обичайки, мм;

s_2 – товщина днища в районі розвантажувальної канавки, мм.

Інші позначення ті ж самі, що в 2.4.1.1.

У всіх випадках s_2 повинна бути не менше 5мм.

Зазначені умови дійсні для днищ діаметром або з розмірами сторін не більше 200мм.

2.4.2 Стінки, підкріплені в'язями.

2.4.2.1 Товщина s , мм, плоских стінок (рис. 2.4.2.1-2 і 2.4.2.1-3), підкріплених довгими і короткими в'язями, кницями, зв'язними трубами або подібними конструкціями, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = kD_c \sqrt{\frac{p}{\sigma}} + c, \quad (2.4.2.1-1)$$

де:

k – розрахунковий коефіцієнт (див. рис. 2.4.2.1-1, 2.4.2.1-2 і 2.4.2.1-3, а також рис. 5.1, 5.2 і 5.3 додатка).

Якщо ділянка стінки, що розглядається, підкріплена в'язями, для яких значення коефіцієнта k різні, то у формулі (2.4.2.1-1) береться середнє арифметичне значення цих коефіцієнтів;

D_c – розрахунковий умовний діаметр (див. рис.2.4.2.1-2 і 2.4.2.1-3), мм, визначений наступним чином:

при рівномірному розподілі в'язей

$$D_c = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}, \quad (2.4.2.1-2)$$

при нерівномірному розподілі в'язей

$$D_c = (a_3 + a_4)/2. \quad (2.4.2.1-3)$$

У всіх інших випадках для D_c необхідно брати діаметр найбільшої окружності, яку можна описати через центри трьох в'язей або через центри в'язей і початок заокруглення відбортовки, якщо її радіус відповідає вимогам 2.4.3. Відбортовка стінки в цьому випадку розглядається як підкріплена точка. Відбортовка лазу за підкріплену точку не повинна братися;

a_1, a_2, a_3, a_4 – крок або відстань між в'язями (див. рис. 2.4.2.1-1), мм.

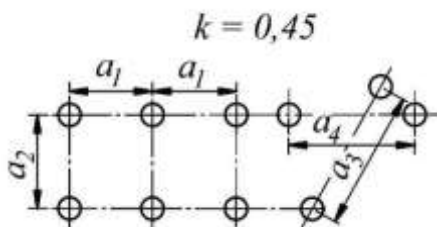


Рис. 2.4.2.1-1

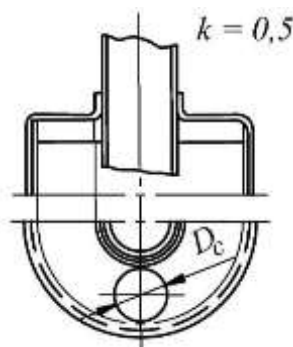


Рис. 2.4.2.1-2

Інші позначення ті ж самі, що в 2.4.1.1.

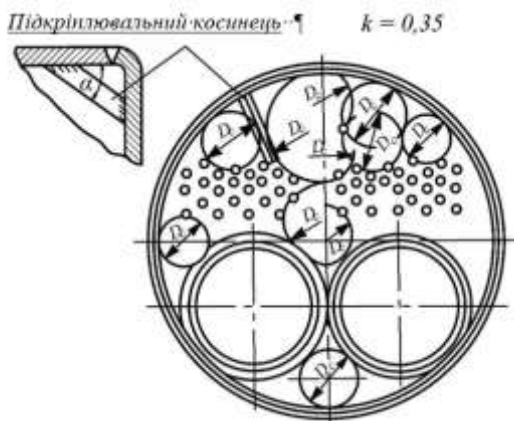


Рис. 2.4.2.1-3

2.4.3 Відбортка плоских стінок.

2.4.3.1 Під час розрахунків плоских стінок і днищ відбортка враховується, коли її радіуси не менше ніж зазначені у табл. 2.4.3.1.

Мінімальний радіус відбортки повинний бути не менше 1,3 товщини стінки.

Таблиця 2.4.3.1

Радіус відбортки, мм	25	30	35	40	45	50
Зовнішній діаметр днища, мм	До 350	351–500	501–950	951–1400	1401–1900	Понад 1900

2.4.3.2 Довжина циліндричної частини l плоского відбортаного днища повинна бути не менше $0,5\sqrt{Ds}$ (див. рис. 2.4.1.1-1).

2.4.3.3 Днища з розвантажувальним пазом повинні мати радіус заокруглення паза r відповідно до 1.2 Додатка.

2.4.4 Зміцнення вирізів.

2.4.4.1 Вирізи у плоских стінках, днищах і кришках діаметром більше ніж чотири товщини підлягають зміцненню приварними штуцерами, патрубками, приварками або шляхом збільшення розрахункової товщини стінки.

Вирізи повинні розташовуватися від контуру розрахункового діаметра на відстані не менше ніж $\frac{1}{8}$ цього діаметра.

2.4.4.2 Якщо фактична товщина стінки більша ніж необхідна за формулами (2.4.1.1-1) і (2.4.2.1-1), максимальний діаметр d , мм, незміцнюваного вирізу повинний визначатися за формулою

$$d = 8s_f \left(1,5 \frac{s_f^2}{s^2} - 1 \right), \quad (2.4.4.2)$$

де:

s_f – фактична товщина стінки, мм;

s – розрахункова товщина стінки, необхідна за формулами (2.4.1.1-1) і (2.4.2.1-1), мм.

2.4.4.3 Для вирізів більших розмірів, ніж зазначено в 2.4.4.1 і 2.4.4.2, повинні передбачатися зміцнення кромки вирізу.

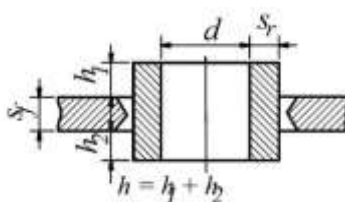


Рис. 2.4.4.3

Розміри, мм, зміцнювальних елементів (штуцерів і патрубків) повинні відповідати умові

$$s_r (h^2 / s_f^2 - 0,65) \geq 0,65d - 1,4s_f, \quad (2.4.4.3)$$

де: s_r , h – ширина і висота зміцнення (рис. 2.4.4.3).

Інші позначення ті ж самі, що в 2.4.4.2.

2.4.4.4 Розрахункові висоти h_1 і h_2 , мм, зміцнювальних елементів (штуцерів і патрубків) (див. рис.2.4.4.3) повинні визначатися за формулою

$$h_1 (h_2) \leq \sqrt{(d + s_r) s_r}. \quad (2.4.4.4)$$

Позначення ті ж самі, що в 2.4.4.2 і 2.4.4.3.

2.5 ТРУБНІ РЕШІТКИ

2.5.1 Товщина s_1 , мм, плоских трубних решіток теплообмінних апаратів повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s_1 = 0,9kD_v \sqrt{\frac{p}{\sigma\phi}} + c, \quad (2.5.1)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

Для теплообмінних апаратів жорсткої конструкції, якщо матеріали корпусу і труб мають різні коефіцієнти лінійного розширення, допустимі напруження повинні бути зменшені на 10 %;

c – додаток (див. 2.1.7), мм;

k – коефіцієнт, що залежить від відношення товщини корпусу s до товщини трубних решіток s_1 (s/s_1).

Для трубних решіток, приварених до корпусу по контуру, коефіцієнт k визначається за рис. 2.5.1. При цьому слід попередньо задатися значенням s_1 . У разі розбіжності між заданим значенням s_1 і визначеним за формулою (2.5.1) більше ніж на 5%, проводиться перерахунок.

Для трубних решіток, закріплених між фланцями корпусу і кришки за допомогою болтів або шпильок, $k = 0,5$;

D_v – внутрішній діаметр корпусу, мм

ϕ – коефіцієнт міцності трубних решіток, ослаблених отворами під труби (див. 2.5.2).

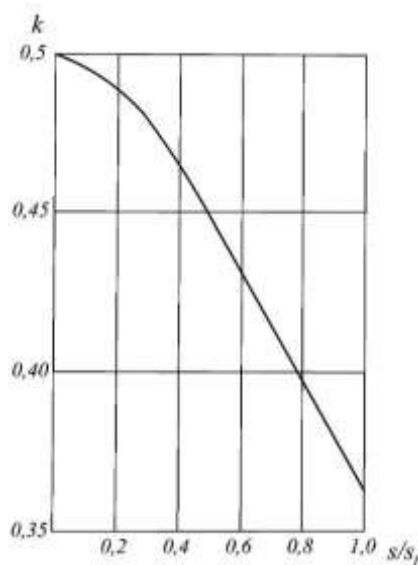


Рис. 2.5.1

2.5.2 Коефіцієнт міцності трубних решіток при $0,75 > d/a > 0,4$ і $D_a/s_1 \geq 40$ визначається:

при розташуванні отворів по рівнобедреному трикутнику

$$\phi = 0,935 - 0,65d/a; \quad (2.5.2-1)$$

при коридорному і шаховому розташуванні

$$\phi = 0,975 - 0,68d/a_2, \quad (2.5.2-2)$$

де:

d – діаметр отворів у трубних решітках, мм;

a – крок між центрами отворів при розташуванні їх по трикутнику, мм;

a_2 – менший із кроків при коридорному або шаховому розташуванні (у тому числі і при розташуванні по концентричних окружностях), мм.

2.5.3 Відношення розмірів трубних решіток d/a і D_B/s_1 повинне знаходитися в діапазоні, вказаному в **2.5.2**.

Допускається відношення $d/a = 0,75 \div 0,80$, але при цьому товщина трубних решіток, обчислена за формулою (2.5.1), повинна відповідати умові:

$$f_{\min} \geq 5d, \quad (2.5.3)$$

де: $f_{\min}$ – мінімально допустимий переріз трубної дошки в містку, мм².

2.5.4 Товщина трубних решіток з розвальцьованими трубами, крім формули (2.5.1), повинна відповідати умові

$$s_1 = 10 + 0,125d. \quad (2.5.4)$$

Вальцювальні з'єднання трубних решіток повинні також відповідати вимогам **2.10.2.2**, **2.10.2.3** і **2.10.2.4**.

2.5.5 Якщо трубні решітки підкріплені приварними або розвальцьованими трубами, що відповідають вимогам підрозділу **2.10**, то розрахунок таких решіток може проводитися відповідно до підрозділу **2.4**.

2.6 ОПУКЛІ ДНИЩА

2.6.1 Товщина s , у мм, опуклих глухих днищ і днищ з вирізами, які зазнають внутрішнього або зовнішнього тиску (рис.2.6.1), повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = \frac{D_a p y}{4 \sigma \phi} + c, \quad (2.6.1)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. **2.1.2**), МПа;

D_a – зовнішній діаметр днища, мм;

ϕ – коефіцієнт міцності (див. **2.1.6**);

σ – допустимі напруження (див. **2.1.4.6**) МПа;

y – коефіцієнт форми, що залежить від відношення висоти днища до зовнішнього діаметра і від характеру ослаблення днища, що вибирається за табл. 2.6.1.

Для днищ еліптичної і коробової форми R_b є найбільшим радіусом кривизни. Для проміжних значень h_a/D_a і $d/\sqrt{D_a s}$ коефіцієнт форми y визначається інтерполяцією.

Район відбортовки днища береться на відстані не менше ніж $0,1 D_a$ від зовнішнього контуру циліндричної частини (див. рис. 2.6.1);

Для вибору y за табл.2.6.1 значення s вибирається з ряду стандартних товщин. Остаточне взяте значення s повинне бути не менше ніж визначене за формулою (2.6.1);

c – додаток, який береться таким, що дорівнює: 2мм – при внутрішньому тиску, 3мм – при зовнішньому тиску.

При товщині стінки більше 30мм вказані значення додатків можуть бути зменшені на 1мм;

d – більший розмір не зміцненого вирізу, мм.

Позначення елементів днищ наведені на рис. 2.6.1.

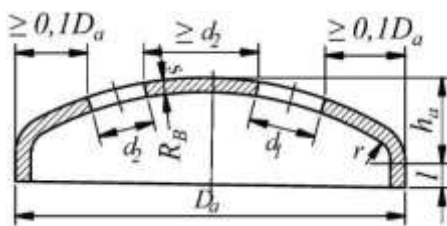


Рис. 2.6.1.

Таблиця 2.6.1

Форма опуклих днищ	$\frac{h_a}{D_a}$	Коефіцієнт форми у							
		у – для району відбортки днища і для глухих днищ	у – для опуклої частини днища з незміцнюваними вирізами, для яких $\frac{d}{\sqrt{D_a s}}$ становить:						у _о – для опуклої частини днища із зміцнюваними вирізами
			0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
Еліптична або коробова з $R_B = D_a$	0,20	2,9	2,9	2,9	3,7	4,6	5,5	6,5	2,4
Еліптична або коробова з $R_B = 0,8D_a$	0,25	2,0	2,0	2,3	3,2	4,1	5,0	5,9	1,8
Сферична з $R_B = 0,5D_a$	0,50	1,1	1,2	1,6	2,2	3,0	3,7	4,35	1,1

2.6.2 Формула (2.6.1) дійсна за умови виконання таких співвідношень:

$$h_a / D_a \geq 0,18;$$

$$(s - c) / D_a \geq 0,0025;$$

$$R_B \leq D_a; \quad r \geq 0,1D_a;$$

$$l \leq 150\text{мм};$$

$$l \geq 25\text{мм} \text{ якщо } s \leq 10\text{мм};$$

$$l \geq 15 + s \text{ якщо } 10 < s \leq 20\text{мм};$$

$$l \geq 25 + 0,5s \text{ якщо } s > 20\text{мм}.$$

2.6.3 Глухим вважається днище, що не має вирізів, або днище з вирізами, розташованими на відстані не менше ніж $0,2D_a$ від зовнішнього контуру циліндричної частини, діаметр яких не перевищує $4s$, але не більше 100мм.

У районі відбортки днища допускаються незміцнювані вирізи діаметром менше ніж товщина, але не більше 25мм.

2.6.4 Товщина стінки опуклих днищ вогневих камер вертикальних котлів може розраховуватися як для глухих днищ також у разі проходження через днище вихідного патрубку димоходу.

2.6.5 Для опуклих днищ, за винятком чавунних, які зазнають зовнішній тиск, необхідно проводити перевірочний розрахунок на стійкість за відношенням

$$\frac{36,6E_t (s - c)^2}{R_B^2 100p} > 3,3, \quad (2.6.5)$$

де:

E_t – модуль пружності при розрахунковій температурі, МПа;

для сталі визначається за табл. 2.6.5;

для кольорових сплавів значення E_t повинні бути погоджені із Регістром;

R_B – максимальний внутрішній радіус кривизни, мм.

Інші позначення ті ж самі, що в 2.6.1.

Таблиця 2.6.5

Розрахункова температура t , °C	20	250	300	400	500
Модуль пружності для сталі E_t , МПа	$2,06 \cdot 10^5$	$1,86 \cdot 10^5$	$1,81 \cdot 10^5$	$1,72 \cdot 10^5$	$1,62 \cdot 10^5$

2.6.6 Мінімальна товщина стінки сталевих опуклих днищ повинна бути не менше 5мм.

Для днищ, виготовлених із кольорових сплавів і нержавіючих сталей, мінімальна товщина стінки може бути зменшена.

2.6.7 Якщо в результаті розрахунку, який виконаний згідно з **2.9.2**, потрібно зміцнення вирізів в опуклих днищах, то вони повинні виконуватися згідно з вимогами **2.9.3**.

2.7 ТАРІЛЬЧАСТІ ДНИЩА

2.7.1 Товщина s , мм, глухого тарілкового днища (рис.2.7.1), яке зазнає внутрішній тиск, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = (3pD)/\sigma + c, \quad (2.7.1)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. **2.1.2**), МПа;

D – внутрішній діаметр фланця днища, взятий таким, що дорівнює внутрішньому діаметру корпусу, мм;

σ – допустимі напруження (див. **2.1.4.6**), МПа;

c – додаток (див. **2.1.7**), мм.

На рис.2.7.1 l – відстань від кромки внутрішнього діаметра до осі закріпних болтів, мм.

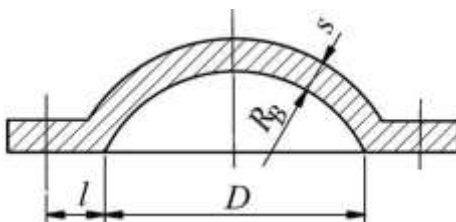


Рис.2.7.1

2.7.2 Допускається застосування тарілчастих днищ діаметром до 500мм при робочому тиску не більше ніж 1,5МПа.

Радіус кривизни днища $R_в$ повинний бути не більше $1,2D$, а відстань l – не більше $2s$.

2.8 ПРЯМОКУТНІ КАМЕРИ

2.8.1 Товщина стінки s , мм, прямокутних камер (рис. 2.8.1-1), які зазнають внутрішній тиск, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = \frac{pn}{2,52\sigma\phi_1} + \sqrt{\frac{4,5kp}{1,26\sigma\phi_2}}, \quad (2.8.1-1)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. **2.1.2**), МПа;

n – $\frac{1}{2}$ ширини камери у світу сторони, перпендикулярної до тієї, що розраховується, мм;

σ – допустимі напруження (див. **2.1.4.6**), МПа;

ϕ_1 і ϕ_2 – коефіцієнти міцності камер, ослаблених отворами, які визначаються таким чином:

ϕ_1 – за формулою (2.1.6.2.1);

ϕ_2 – за формулою (2.1.6.2.1) якщо $d < 0,6m$, а якщо $d \geq 0,6m$ – за формулою

$$\phi_2 = 1 - 0,6 m/a, \quad (2.8.1-2)$$

де m – $\frac{1}{2}$ ширини камери у світу сторони, що розраховується, мм;

у разі зсуного розташування отворів у формулу (2.8.1-2) слід замість a підставляти a_2 (рис. 2.8.1-2);

у разі наявності в прямокутних камерах поздовжніх зварних з'єднань (див. рис. 2.8.1-1) коефіцієнти міцності ϕ_1 і ϕ_2 беруться такими, що дорівнюють коефіцієнту міцності зварного з'єднання, який вибирається відповідно до **2.1.6**.

Поздовжні зварні з'єднання за можливістю повинні розташовуватися на ділянці l_1 , для якої $k = 0$;

за наявності в стінці камери ослаблень різних видів у розрахунок повинно вводитися найменше значення коефіцієнта міцності;

k – розрахунковий коефіцієнт вигинального моменту в середині бічної сторони або в лінії центрів ряду отворів, мм^2 , який визначається за формулами:

для середньої лінії сторони камери

$$k = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n} - \frac{m^2}{2}; \quad (2.8.1-3)$$

для рядів отворів або поздовжніх зварних з'єднань

$$k = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n} - \frac{m^2 - l_1^2}{2}. \quad (2.8.1-4)$$

У разі одержання за зазначеними формулами розмірів з від'ємним знаком береться їх абсолютне значення;

у разі зсуного розташування отворів коефіцієнт k слід помножити на $\cos \alpha$;

α – кут косого кроку щодо поздовжнього напрямку, град;

l_1 – відстань ряду отворів, які розглядаються, від середньої лінії сторони камери (див. рис. 2.8.1-2), мм;

d – діаметр отворів, мм. Для овальних отворів за d повинний братися розмір овальних отворів у напрямку подовжньої осі, проте у формулах (2.1.6.2.1) і (2.8.1-2) за d для овальних отворів повинний братися розмір у напрямку, перпендикулярному осі камери.

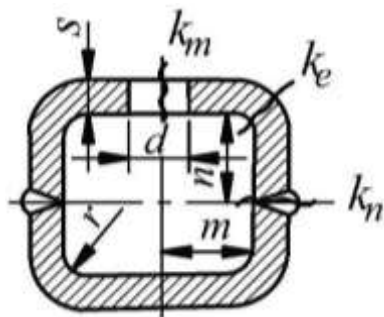


Рис. 2.8.1-1

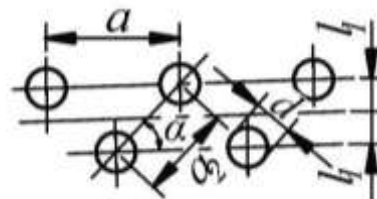


Рис. 2.8.1-2

2.8.2 Якщо у камерах допускаються кутові зварні з'єднання, товщина стінки таких камер повинна бути не менше визначеної за формулою

$$s = \frac{p\sqrt{m^2 + n^2}}{2,52\sigma\phi_1} + \sqrt{\frac{4,5k_e p}{1,26\sigma\phi_2}}, \quad (2.8.2-1)$$

де: k_e – розрахунковий коефіцієнт для вигинального моменту на кромках, мм^2 , який визначається за формулою

$$k = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n}. \quad (2.8.2-2)$$

Інші позначення ті ж самі, що в 2.8.1.

2.8.3 Радіус заокруглення сторін прямокутних камер повинний бути не менше ніж $\frac{1}{3}$ товщини, але не менше 8мм.

Мінімальна товщина стінок камер під розвальцьовувані труби повинна бути не менше 14мм.

Ширина перемичок між отворами повинна бути не менше 0,25 кроку між центрами отворів.

Товщина стінок у районі заокруглення повинна бути не менше визначеної за формулами (2.8.1-1) і (2.8.2-1).

2.9 ЗМІЦНЕННЯ ВИРІЗІВ У ЦІЛІНДРИЧНИХ, СФЕРИЧНИХ І КОНІЧНИХ СТІНКАХ ТА ОПУКЛИХ ДНИЩАХ

2.9.1 Загальні вказівки.

2.9.1.1 Відповідно до цих Правил вирізи поділяються:

.1 на вирізи, зміцнені за допомогою диско-подібних приварних накладок (рис. 2.9.1.1.1);

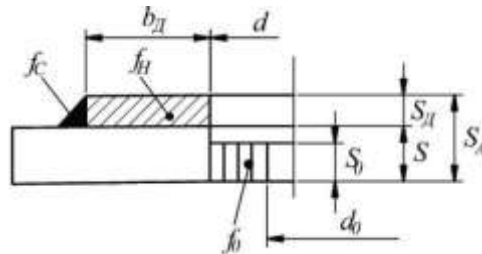


Рис. 2.9.1.1.1

.2 на вирізи, зміцнені за допомогою приварних трубоподібних елементів: штуцерів, втулок, патрубків, відбортровок тощо (рис. 2.9.1.1.2-1–2.9.1.1.2-3);

.3 на вирізи, зміцнені за допомогою комбінацій підкріплень, перелічених вище (рис. 2.9.1.1.3);

.4 на вирізи, що не мають підкріплень (штуцерів, втулок, патрубків, відбортровок і дископодібних приварних накладок), тобто не зміцнені.

Розміри не зміцнених вирізів не повинні бути більше визначених згідно з 2.9.2.

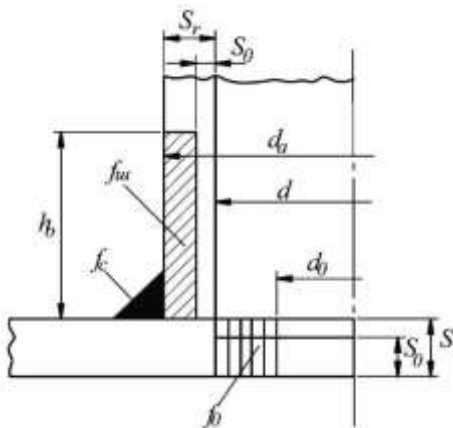


Рис. 2.9.1.1.2-1

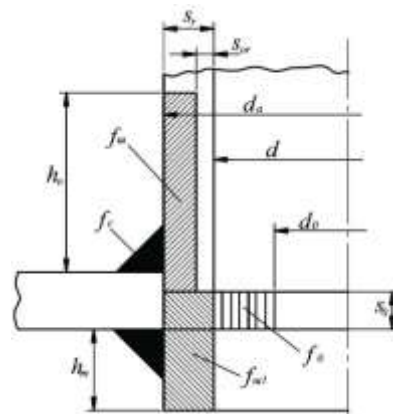


Рис. 2.9.1.1.2-2

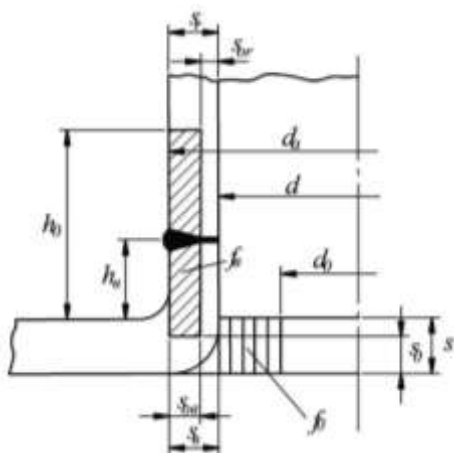


Рис. 2.9.1.1.2-3

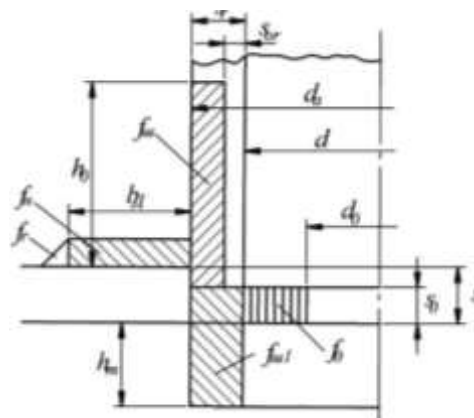


Рис. 2.9.1.1.3

2.9.1.2 Матеріали зміцнюваної стінки і підкріплень повинні за можливістю мати однакові міцнісні характеристики.

У разі використання для підкріплень матеріалу, характеристики міцності якого нижчі ніж у матеріалу зміцнюваної стінки, площа зміцнювальних перерізів повинна бути відповідно збільшена пропорційно відношенню допустимого напруження матеріалу зміцнюваної стінки до допустимого напруження матеріалу підкріплень.

Більше висока міцність матеріалу підкріплень не повинна враховуватися при розрахунках.

Повинне забезпечуватися надійне з'єднання підкріплень із зміцнюваною стінкою.

2.9.1.3 Вирізи в стінках повинні розташовуватися від зварних з'єднань принаймні на відстані $3s$ (де s – товщина зміцнюваної стінки), але не менше 50мм.

При розташуванні вирізів від зварних швів на відстані менше 50мм, коефіцієнт міцності повинен прийматися згідно з **2.1.6.4**.

2.9.1.4 Мінімальна товщина стінок підкріплювальних трубоподібних елементів (патрубків, втулок, штуцерів тощо), що приварюються до стінок котлів, теплообмінних апаратів і посудин, що знаходяться під тиском, повинна, як правило, братися не менше 5мм.

2.9.1.5 Максимальна товщина трубоподібних елементів або накладок, яка береться у розрахунках підкріплень, як правило, не повинна перевищувати товщини зміцнюваної стінки.

Дозволяється використання підкріплювальних елементів товщиною до двох товщин зміцнюваної стінки, якщо це визначається технологічними потребами, але у розрахунках підкріплень ця надлишкова товщина не враховується.

2.9.2 Найбільший допустимий діаметр не зміцненого вирізу.

Одиночним є той виріз, кромка якого віддалена від кромки ближнього вирізу на відстань не менше $2Q$, де Q – ширина зони найбільшого впливу вирізу, яка визначається за формулою (2.1.6.4).

Найбільший допустимий діаметр одиночного не зміцненого вирізу у циліндричних, сферичних і конічних стінках і опуклих днищах визначається за формулою

$$d_0 = (2 / [\varphi_{\text{он}}] - 1,75) Q, \quad (2.9.2-1)$$

де:

Q – ширина зони найбільшого місцевого впливу вирізу, яка визначається за формулою (2.1.6.4);

$[\varphi_{\text{он}}]$ – мінімально допустиме значення коефіцієнта міцності деталі, що ослаблена вирізами, яке дорівнює:

для циліндричних стінок

$$[\varphi_{\text{он}}] = \frac{p(D_a - s + c)}{2(s - c)\sigma}, \quad (2.9.2-2)$$

для еліпсоподібних, тороподібних і напівсферичних днищ

$$[\varphi_{\text{он}}] = \frac{p(D^2 / 2h_a + s - c)}{4(s - c)\sigma}, \quad (2.9.2-3)$$

для конічних стінок

$$[\varphi_{\text{он}}] = \frac{p(D_k + s - c)}{2(s - c)\sigma \cos \alpha}, \quad (2.9.2-4)$$

де:

D_a, D – зовнішній та внутрішній діаметри зміцнюваної стінки, мм, відповідно;

D_k – внутрішній діаметр найбільшої основи конічної стінки, мм;

σ – допустимі напруження, МПа;

h_a – висота опуклої частини днища, мм;

α – кут конусності, рівний половині кута біля вершини конічної стінки, град;

s – товщина стінки, мм;

c – додаток на корозію, який приймається відповідно до вимог 2.1.7.

2.9.3 Зміцнення вирізів.

2.9.3.1 При зміцненні одиночних вирізів у циліндричних, конічних стінках і опуклих днищах сума компенсуючих площ підкріплень Σf повинна бути більше необхідної площі підкріплень f_0 :

$$\Sigma f = f_{\text{ш}} + f_{\text{ш1}} + f_{\text{н}} + f_{\text{с}} + f_{\text{в}} > f_0, \quad (2.9.3.1-1)$$

де:

$f_{\text{ш}}$ і $f_{\text{ш1}}$ – компенсуючі площі зовнішньої та внутрішньої частини трубоподібного підкріплювального елемента (рис. 2.9.1.1.2-1, 2.9.1.1.2-2, 2.9.1.1.2-3, 2.9.1.1.3), які визначаються згідно з 2.9.3.2;

$f_{\text{н}}$ – компенсуюча площа дископодібної підкріплювальної накладки (рис. 2.9.1.1.1, 2.9.1.1.3), яка визначається згідно з 2.9.3.3;

$f_{\text{с}}$ – сумарна компенсуюча площа зварних швів, яка береться такою, що дорівнює сумі площ ділянок наплавленого металу без урахування підкріплення шва, мм²;

$f_{\text{в}}$ – компенсуюча площа металу відбортovanого коміра (рис. 2.9.1.1.2-3), яка визначається згідно з 2.9.3.4;

f_0 – мінімально необхідна площа підкріплень, яка визначається згідно з 2.9.3.5.

2.9.3.2 Значення компенсуючих площ трубоподібних елементів (штуцерів) визначаються за формулами:

для зовнішньої частини трубоподібного підкріплювального елемента

$$f_{\text{ш}} = 2h_0(s_r - s_{or} - c), \text{ мм}^2, \quad (2.9.3.2-1)$$

для внутрішньої частини трубоподібного підкріплювального елемента

$$f_{\text{ш1}} = 2h_m(s_r - c), \text{ мм}^2, \quad (2.9.3.2-2)$$

де:

s_r – товщина стінки трубоподібного елемента, мм, яка визначається за кресленням з урахуванням рекомендацій 2.9.1.5 та 2.9.1.6;

s_{or} – мінімальна розрахункова товщина стінки трубоподібного елемента, яка визначається згідно з 2.2.1.2

при $\phi = 1,0$ і $c = 0$, мм;

c – додаток на корозію, мм (див. 2.1.7);

h_0 – висота зовнішньої частини трубоподібного елемента, яка визначається за кресленням, але не більше ніж за формулою

$$h_0 = 1,25\sqrt{(d_a - s_r)(s_r - c)}, \quad (2.9.3.2-3)$$

d_a – зовнішній діаметр трубоподібного елемента, мм;

h_m – висота внутрішньої частини трубоподібного елемента, яка повинна визначатися за кресленням, але не більше ніж за формулою

$$h_m = 0,5\sqrt{(d_a - s_r)(s_r - c)}. \quad (2.9.3.2-4)$$

2.9.3.3 Значення компенсуючих площ дископодібної підкріплювальної накладки визначається за формулою

$$f_{\text{н}} = 2b_{\text{д}}s_{\text{д}}, \quad (2.9.3.3)$$

де:

s_d – товщина дископодібної накладки, мм, яка визначається за кресленням, а також з урахуванням вимог **2.9.1.6**;
 b_d – ширина підкріплювальної накладки (див. рис. 2.9.1.1.1 та 2.9.1.1.3), яка визначається за кресленням, але не більше ширини зони найбільшого впливу вирізу Q (згідно з **2.1.6.4**).

2.9.3.4 Компенсуюча площа металу відбортovanого коміра (див. рис. 2.9.1.1.2-3) визначається за формулою

$$f_B = 2h_{B1}(s_B - s_{OB} - c) + 2(h_0 - h_B)(s_r - s_{or} - c), \quad (2.9.3.4-1)$$

де: h_{B1} – висота коміра, яка визначається за кресленням, але не більше ніж

$$h_B \leq 0,5\sqrt{(d - s_B)(s_B - c)}, \quad (2.9.3.4-2)$$

де:

s_B – товщина витягнутої горловини або відбортovanого коміра, яка визначається за кресленням, але не більше товщини стінки s , мм;

s_{OB} – мінімальна розрахункова товщина стінки коміра або витягнутої горловини, мм, яка визначається за формулою

$$s_{OB} = \frac{p(d + 0,25r)}{2\sigma - p}, \quad (2.9.3.4-3)$$

де:

r – радіус заокруглення коміра або горловини, який визначається за кресленням, але не менше 5 мм;

d – діаметр підкріплюваного отвору, мм.

2.9.3.5 Мінімальна необхідна площа підкріплень f_0 визначається за формулою

$$f_0 = (d - d_0) s_0, \quad (2.9.3.5)$$

де:

s_0 – мінімальна розрахункова товщина стінки при $\phi = 1$ і $c = 0$, що визначається згідно з **2.2.1.2**, **2.2.1.3**, **2.3.1** і **2.6.1**.

При розрахунку товщини стінки днища s_0 за формулою (2.6.1) замість u слід підставляти u_a , що визначається за табл. 2.6.1;

d_0 – найбільший допустимий діаметр одиночного не зміцнюваного вирізу, мм (див. **2.9.2-1**);

d – діаметр зміцнюваного вирізу, мм.

2.9.3.6 У разі застосування комбінованих підкріплень (див. рис. 2.9.1.1.3) повинна бути виконана умова міцності за формулою (2.9.3.1-1), а розміри підкріплюваних елементів повинні відповідати вимогам **2.9.1.6** – **2.9.1.7**.

2.9.4 Взаємний вплив вирізів.

2.9.4.1 Взаємний вплив вирізів необхідно враховувати, якщо відстань між кромками сусідніх вирізів, яка визначається за кресленням (див. рис. 2.9.4.1-1 та рис. 2.9.4.1-2) менше $2Q$, тобто за умови, що

$$l + s_{r1} + s_{r2} \geq 2Q, \quad (2.9.4.1-1)$$

де:

$l + s_{r1} + s_{r2}$ – відстань між двома сусідніми вирізами (рис. 2.9.4.1-1 і 2.9.4.1-2), мм;

Q – ширина зони найбільшого місцевого впливу вирізу, який визначається за формулою (2.1.6.4).

У разі невиконання умови (2.9.4.1-1) необхідно перевірити напруження, які виникають в перерізі між вирізами від розрахункового тиску. При цьому напруження, що виникають у подовжньому і поперечному напрямках, не повинні перевищувати допустимі відповідно до умови

$$F/f_c \leq \sigma, \quad (2.9.4.1-2)$$

де:

σ – допустимі напруження (див. рис. 2.1.4.6), МПа;

F – навантаження від розрахункового тиску, що діє в перерізі між вирізами (див. 2.9.4.2), Н;

f_c – розрахункова площа перерізу між вирізами (див. 2.9.4.3), мм².

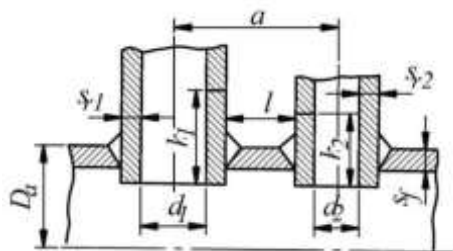


Рис. 2.9.4.1-1

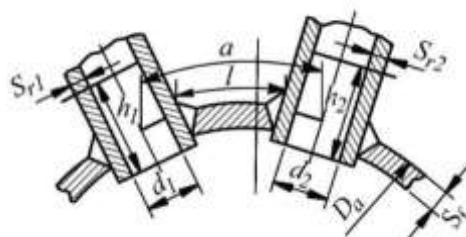


Рис. 2.9.4.1-2

2.9.4.2 Навантаження від розрахункового тиску, Н, що діє в перерізі між двома вирізами, повинне визначатися таким чином:

.1 для вирізів, розташованих у поздовжньому напрямку циліндричної стінки

$$F_a = Dpa/2; \quad (2.9.4.2.1)$$

.2 для вирізів, розташованих по окружності в циліндричних і конічних стінках, а також для вирізів у сферичних стінках

$$F_b = Dpa/4; \quad (2.9.4.2.2)$$

.3 для вирізів в опуклих днищах

$$F_b = Dpa/4, \quad (2.9.4.2.3-1)$$

де:

a – крок між двома суміжними вирізами (який визначається по окружності із зовнішнього боку, як показано на рис. 2.9.4.1-2), мм;

D – внутрішній діаметр (для конічних стінок вимірюється біля центра вирізу), мм;

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

y – коефіцієнт форми (див. 2.6.1).

У разі розташування вирізів у циліндричних стінках з косим кроком для визначення навантаження використовується формула (2.9.4.2.2); при цьому результати, отримані за цією формулою, слід помножити на коефіцієнт

$$k = 1 + \cos^2 \alpha, \quad (2.9.4.2.3-2)$$

де: α – кут нахилу лінії, що з'єднує центри вирізів, до поздовжнього напрямку, град.

2.9.4.3 Розрахункову площу перерізу f_c , мм², між двома суміжними вирізами з трубоподібними підкріпленнями необхідно визначати за формулою

$$f_c = l(s - c) + 0,5[h_1(s_{r1} - c) + h_2(s_{r2} - c)], \quad (2.9.4.3)$$

де:

h_1 і h_2 – висоти підкріплень, мм, які визначаються за формулами:

$h_1(h_2) = h_0 + s$ – для ненаскрізних підкріплень;

$h_1(h_2) = h_0 + s + h_m$ – для наскрізних підкріплень;

l – ширина перемички між двома суміжними підкріпленнями (див. рис. 2.9.4.1-1 і 2.9.4.1-2), мм;

s – товщина зміцнюваної стінки, мм;

s_{r1} і s_{r2} – товщини трубоподібних зміцнень (див. рис. 2.9.4.1-1 і 2.9.4.1-2), мм;

c – додаток (див. 2.1.7), мм;

h_0 – розрахункова висота трубоподібного підкріплення (див. формулу (2.9.3.2-3), мм;

h_m – внутрішня виступаюча частина трубоподібного підкріплення (див. рис. 2.9.1.1.2-2, 2.9.1.1.3, формулу (2.9.3.2-4)), мм.

Для вирізів, підкріплених іншими способами (комбінованими або диско-подібними підкріпленнями тощо), розрахункова площа перерізу f_c визначається аналогічно.

2.10 В'ЯЗІ

2.10.1 Міцні розміри в'язей.

2.10.1.1 Площа поперечного перерізу f , мм², довгих і коротких в'язей, кутових в'язей і зв'язних труб, які зазнають розтягувальних або стискувальних навантажень, повинна бути не менше визначеної за формулою

$$f = pf_s / (\sigma \cos \alpha), \quad (2.10.1.1)$$

де:

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

σ – допустимі напруги (див. 2.1.4.6), МПа;

α – кут між кутовою в'яззю і стінкою закріплення в'язі (див. рис. 2.4.2.1-3), град;

f_s – найбільша площа поверхні підкріплюваної стінки, що припадає на одну в'язь і обмежується лініями, які проходять під прямим кутом через середини ліній, що з'єднують центр в'язі з сусідніми підкріпленими точками (в'язями), мм².

Площа перерізів в'язей і труб, що знаходяться в межах цієї ділянки, може бути віднята від площі поверхні, що припадає на одну в'язь.

2.10.1.2 Для в'язей, які зазнають поздовжнього вигину, допустимі напруження від вигину повинні братися із запасом міцності не менше ніж 2,25.

2.10.1.3 Для днищ з окремою підкріплювальною в'яззю (рис.2.10.1.3), в'язь повинна бути розрахована так, щоб сприймати принаймні $\frac{1}{2}$ навантаження, яке припадає на днище. Товщина такого днища повинна відповідати вимогам 2.4.2.1.

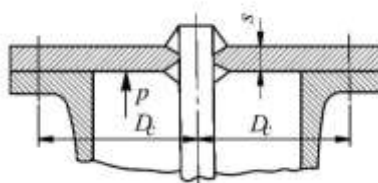


Рис.2.10.1.3

2.10.1.4 Товщина стінок зв'язних і простих димогарних труб залежно від робочого тиску повинна бути не менше ніж зазначена в табл. 2.10.1.4.

Товщина стінок зв'язних труб діаметром більше 70мм повинна бути не менше 6мм для периферійних труб і 5мм для труб, розташованих усередині трубного пучка.

Таблиця 2.10.1.4

Зовнішній діаметр труби, мм	Робочий тиск p , МПа, при товщині стінки, мм, яка дорівнює			
	3,0	3,5	4,0	4,5
50	1,1	1,85	–	–
57	1,0	1,65	–	–
63,5	0,9	1,5	2,1	–
70	0,8	1,35	1,9	–
76	0,75	1,25	1,75	2,25
83	–	1,15	1,6	2,1

Зовнішній діаметр труби, мм	Робочий тиск p , МПа, при товщині стінки, мм, яка дорівнює			
	3,0	3,5	4,0	4,5
89	—	1,05	1,5	1,9

2.10.2 З'єднання в'язей.

2.10.2.1 Площа перерізу зрізу зварних з'єднань приварних в'язей повинна відповідати умові

$$\pi d_a e / f \geq 1,25, \quad (2.10.2.1)$$

де:

d_a – діаметр в'язі (для труб – зовнішній діаметр), мм;

e – товщина зварного шва (рис. 5.1–5.3 додатка), мм;

f – площа поперечного перерізу в'язі (див. 2.10.1.1), мм².

2.10.2.2 Під час розвальцювання труб довжина пояса вальцювання в трубних решітках повинна бути не менше 12мм. Вальцювальні з'єднання на робочий тиск вище ніж 1,6МПа слід виконувати з ущільнювальними канавками.

2.10.2.3 Вальцювальні з'єднання повинні перевірятися на закріплення труб у трубних решітках осьовим навантаженням; при цьому вважається, що закріплення труб забезпечено, якщо виконується нерівність

$$p f_s / 20 s l \leq A, \quad (2.10.2.3)$$

де:

A – становить не більше ніж:

15 – для з'єднань гладких труб,

30 – для з'єднань з ущільнювальними канавками,

40 – для з'єднань з відбортовкою труб.

s – товщина стінки труби, мм; p і f_s – див. 2.10.1.1;

l – довжина пояса вальцювання, мм, повинна братися не більше 40мм.

2.10.2.4 Вальцювання гладких труб повинне забезпечувати міцність зчеплення $q \geq 250$ Н/мм відповідно до формули

$$q = F / l, \quad (2.10.2.4-1)$$

де:

q – міцність зчеплення труби в отворі на 1 мм довжини пояса вальцювання, Н/мм; при автоматичному вальцюванні необхідно брати $q = 250$ Н/мм; в інших випадках q визначається експериментальним шляхом. У разі заниження цього значення необхідно пропорційно збільшити товщину трубних решіток;

F – сила натягу, необхідна для роз'єднання вальцювального з'єднання, Н;

l – довжина пояса вальцювання, мм, яка повинна бути не менше обчисленої за формулою

$$l = p f_s k_r / q, \quad (2.10.2.4-2)$$

де: k_r – коефіцієнт запасу міцності вальцювального з'єднання, береться такий, що дорівнює 5,0.

Інші позначення ті ж самі, що в 2.10.1.1.

2.11 СТЕЛЬОВІ БАЛКИ

2.11.1 Момент опору W , мм³, стельових балок прямокутного перерізу повинний бути не менше визначеного за формулою

$$W = 1000 M / (1,3 \sigma z), \quad (2.11.1-1)$$

де:

σ – допустимі напруження (див. 2.1.4.6), МПа;

z – коефіцієнт жорсткості підкріпленої стінки;

для конструкції, зображеної на рис. 2.11.1, $z=1,33$;

M – вигинальний момент балки, Н·м:

для прямокутного перерізу:

$$M = pal^2 / 8000; \quad (2.11.1-2)$$

s_1 – ширина балки, мм;

h – висота балки, що повинна бути не більше $8s_1$, мм;

l – розрахункова довжина балки, мм;

p – розрахунковий тиск (див. 2.1.2), МПа;

a – крок встановлення балок, мм.

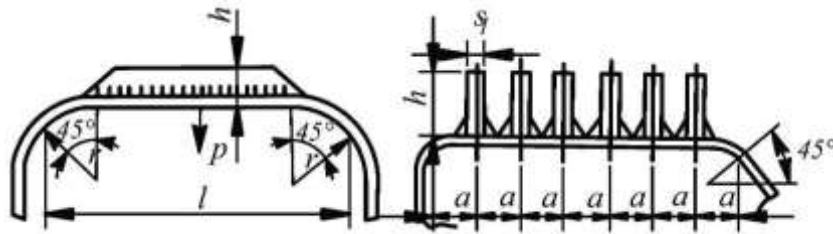


Рис. 2.11.1

3. КОТЛИ

3.1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

3.1.1 Загальні положення, що стосуються технічного нагляду, технічної документації, виготовлення, матеріалів і загальних вимог до котлів, а також норми розрахунку на міцність елементів котлів, викладені в розд. 1 і 2.

3.1.2 Котли повинні зберігати працездатність в умовах навколишнього середовища, зазначених в 2.3 частини VII «Механічні установки».

3.1.3 У разі, якщо вихід з роботи допоміжного котла відповідального призначення призведе до зупинки головного двигуна або знеструмлення судна, або призведе до відхилення від специфікаційних вимог до належного перевезення вантажу, Регістр може вимагати встановлення двох таких котлів. При цьому паропроодуктивність кожного з них повинна забезпечити нормальну експлуатацію судна.

3.1.4 Газотрубні утилізаційні котли повинні поставлятися з інструкцією по експлуатації, яка містить вимоги:

- .1 по обробці живильної води і добору проб;
- .2 по підтримці робочих параметрів: тиску пари, температури випускних газів та живильної води;
- .3 по перевірках і очищеннях котла та їхню документуванню;
- .4 по підтримці адекватного потоку води через утилізаційний котел на усіх режимах експлуатації;
- .5 по періодичних перевірках запобіжних пристроїв, які повинні виконуватися обслуговуючим персоналом і документуватися;
- .6 до зберігання котла в сухому стані;
- .7 по обслуговуванню і перебиранню запобіжних клапанів.

3.1.5 Якщо на судні згідно з розд. 13 частини VII «Механічні установки» реалізована система моніторингу котельної установки (Boiler Monitoring System), що дозволяє проводити внутрішній огляд парових котлів без участі інспектора Регістра, то конструкція котла повинна дозволяти проводити огляд силами екіпажу.

Додатковий знак **BMS** може бути присвоєний допоміжним паровим котлам на рідкому паливі і утилізаційним котлам з робочим тиском не більше 2,0 МПа.

3.2 ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ

3.2.1 Товщини стінок труб, які отримали внаслідок вигинання стоншення, повинні бути не менше ніж розрахункові.

3.2.2 Необхідно уникати застосування довгих і коротких в'язей, а також зв'язних труб, які зазнають вигинальних і зрізувальних навантажень.

На в'язях, міцних стінках, підкріпленнях тощо не повинно бути різких змін поперечних перерізів.

На кінцях коротких в'язей повинні передбачатися контрольні свердлення відповідно до рис. 5.3 додатка.

3.2.3 Для стінок, які підкріплені короткими в'язями і зазнають впливу полум'я і газів з високою температурою, відстань між центрами в'язей повинна бути не більше 200мм.

3.2.4 Кутові в'язі газотрубних котлів повинні розташовуватися на відстані не менше 200мм від жарових труб.

Підкріплення плоских стінок приварними балками необхідно проводити таким чином, щоб навантаження, що припадає на них, було за можливістю перенесене на корпус котла або на найбільш жорсткі його елементи.

3.2.5 Відстань між жаровими трубами і корпусом котла повинна бути не менше 100мм.

Відстань між двома жаровими трубами повинна бути не менше 120мм.

3.2.6 Патрубки і штуцери повинні бути жорсткої конструкції та мінімальної довжини, достатньої для закріплення і зняття арматури без видалення ізоляції.

Патрубки не повинні зазнавати надмірних вигинальних зусиль і в необхідних випадках повинні підкріплюватися ребрами жорсткості.

3.2.7 Приварки, призначені для встановлення арматури і трубопроводів, а також патрубки, втулки і штуцери, що проходять через усю товщину стінки котла, повинні, як правило, приварюватися двостороннім швом.

Патрубки і штуцери можуть приварюватися також кутовим швом з односторонньою обробкою на підкладці, що видаляється, або іншим способом, що забезпечує провар на всю товщину приварної деталі.

3.2.8 Барабани і колектори котлів, що мають товщину стінки більше 20мм, а також колектори пароперегрівачів повинні бути захищені від безпосереднього впливу променистого тепла відповідно до **2.1.3.4**.

Елементи поверхонь нагріву котлів і фурм топкових пристроїв, які піддані прямому впливу променистого тепла, не повинні мати на вогневій стороні частин та кромek, які виступають.

3.2.9 У разі застосування неметалевих ущільнювальних прокладок конструкція закриття горло-вин і лючків повинна виключати можливість видавлювання прокладки.

3.2.10 Вирізи під лази, оглядові лючки та інші отвори в стінках котлів повинні мати підкріплення відповідно до **2.4.4** і **2.9**.

3.2.11 повинні бути вжиті конструктивні заходи, що запобігають пароутворенню в економайзерах котлів.

3.2.12 На видному місці повинна передбачатися фірмова дошка, що містить основні дані котла.

3.2.13 Деталі кріплення котлів, за винятком тих, що не є навантаженими, не повинні приварюватися безпосередньо до стінок котла (обичайки, днищ, колекторів, барабанів тощо), а повинні з'єднуватися за допомогою приварних накладок.

3.2.14 Труби, що закріплюються в колекторах і трубних решітках вальцюванням, повинні бути безшовними.

3.2.15 Водотрубні котли з оребреними трубками та усі утилізаційні котли з примусовою циркуляцією повинні обладнуватися ефективною та пожегобезпечною системою сажоочищення і мати доступ для огляду і очищення поверхні нагрівання, а також видалення відкладень.

3.2.16 Утилізаційні котли з примусовою циркуляцією, які підключаються до газовипускних систем двотактних двигунів внутрішнього згоряння, з температурою газів на вході 270°C і нижче, повинні відповідати наступним вимогам:

.1 гідравлічний опір газового тракту котла повинний бути таким, щоб при його роботі швидкість руху газів, при обтіканні труб поверхні нагрівання котла, була не меншою ніж 10м/с;

.2 для відключення нагрівання котла при роботі двигуна на часткових навантаженнях, необхідно передбачати автоматичний чи дистанційно керований пристрій, який забезпечує повний перепуск газів;

.3 котли повинні бути обладнані стаціонарною системою обмивання та видалення відкладень (сажоочищення). При цьому повинні бути передбачені конструктивні заходи, які захищають газо-випускную систему двигуна від потрапляння до нього продуктів очищення.

Рекомендується також установлення пристроїв для введення спеціальних присадок, які полегшують видалення відкладень на поверхнях нагріву.

3.2.17 Конструкція утилізаційних котлів з примусовою циркуляцією повинна передбачати можливість підключення стаціонарних засобів пожегогасіння, передбачених з/п. **11** табл. 3.1.2.1 частини VI «Протипожежний захист».

3.2.18 Зварні з'єднання трубних решіток та обичайок газотрубних утилізаційних котлів повинні виконуватися способом, який забезпечує повне проварювання зварних швів. Після зварювання ці з'єднання повинні бути піддані термообробці і 100% рентгенографічному та ультразвуковому контролю.

Для забезпечення можливості проведення дефектоскопії зварного з'єднання в процесі експлуатації кожний газотрубний утилізаційний котел повинний бути обладнаний легкознімною ізоляцією по окружності зварних швів. Знімні елементи повинні забезпечувати заміри не менше ніж у чотирьох точках, розташованих на взаємноперпендикулярних діаметральних лініях.

Вимоги до запобіжних пристроїв, засобів контролю тиску пари і якості живильної води газотрубних утилізаційних котлів викладені в 3.3.6, 3.3.6.12 цієї частини та в 17.2.5 VIII «Системи і трубопроводи» відповідно.

3.3 АРМАТУРА І КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

3.3.1 Загальні вимоги.

3.3.1.1 Уся котельна арматура повинна встановлюватися на приварних спеціальних патрубках, штуцерах і приварках та кріпитися до них, як правило, на фланцях шпильками або болтами.

Довжина повної різьби шпильок, що входять у тіло приварки, повинна бути не менше ніж зовнішній діаметр різьби шпильки.

Допускається штуцерна арматура діаметром проходу не більше 15мм, яка повинна кріпитися на спеціальній приварці.

Конструкція приварок, патрубків і штуцерів повинна відповідати вимогам 2.9.

3.3.1.2 Кришки клапанів повинні кріпитися до корпусів шпильками або болтами.

Клапани з діаметром проходу 32мм і менше можуть мати кришки на різьбі за наявності на них надійних стопорів.

3.3.1.3 Клапани і крани повинні мати показчики положень «відкрито» і «закрито».

Показчики положення не потрібні за умови, коли конструкція арматури дає змогу бачити, відкрита вона чи закрита.

Закривання клапанів повинне проводитися при обертанні маховиків за годинниковою стрілкою.

3.3.2 Живильні клапани.

3.3.2.1 Кожний головний котел і допоміжний котел відповідального призначення повинні обладнуватися принаймні двома живильними клапанами.

Допоміжні котли іншого призначення, а також утилізаційні котли, можуть мати по одному живильному клапану.

3.3.2.2 Живильні клапани повинні бути незворотними.

Між живильним клапаном і котлом повинний бути встановлений роз'єднувальний клапан.

Незворотний і роз'єднувальний клапани можуть бути розміщені в одному корпусі.

Роз'єднувальний клапан повинний установлюватися безпосередньо на котлі.

3.3.2.3 Вимоги до системи живильної води викладені в розд. 17 частини VIII «Системи і трубопроводи».

3.3.3 Водовказівні прилади.

3.3.3.1 Кожний котел з вільною поверхнею води (поверхнею випаровування) повинний обладнуватися не менше ніж двома незалежними показчиками рівня води з прозорою шкалою (див. 3.3.3.3).

Один з двох зазначених показчиків рівня може не встановлюватися за наявності на котлі пристроїв захисту нижнього рівня води і сигналізації нижнього і верхнього рівня води (при цьому датчики пристроїв захисту і сигналізації повинні бути незалежними з різними точками добору) або зниженого чи дистанційного показчика рівня схваленого типу з незалежними точками добору.

Котли паропродуктивністю 750кг/год. і менше, а також усі парогенератори, які обігріваються па-рою, утилізаційні котли з вільною поверхнею води і парозбірники утилізаційних котлів допускається обладнувати одним показчиком рівня з прозорою шкалою.

3.3.3.2 Для котлів з примусовою циркуляцією замість показчиків рівня води повинні передбачатися два незалежні сигнальні пристрої, що попереджають про недостатнє надходження води до котла.

Якщо котел обслуговується автоматизованим топковим пристроєм, який відповідає вимогам 5.3.3.4, другий пристрій попереджувальної сигналізації встановлювати не потрібно.

Ця вимога не поширюється на утилізаційні котли.

3.3.3.3 Скло водопоказчиків для котлів з робочим тиском до 3,2МПа повинне бути плоским рифленим.

Для котлів з робочим тиском 3,2МПа і більше замість скла повинні застосовуватися набори слюдяних пластин, гладке скло із слюдяною прокладкою, що запобігає впливу води і пари на скло, або інші матеріали, стійкі до руйнування від впливу котлової води.

3.3.3.4 Водопоказчики повинні встановлюватися з боку переднього фронту на однаковій висоті і, коли можливо, на рівній відстані від діаметральної вертикальної площини барабана (котла).

3.3.3.5 Усі водопоказчики повинні бути оснащені запірними пристроями з боку водяного і парового просторів.

Запірні пристрої повинні обладнуватися безпечними приводами для відключення приладів у разі **пошкодження скла**.

3.3.3.6 У водопоказчиків повинна бути передбачена можливість роздільного продування водяної і парової порожнин.

Канали для продування повинні мати внутрішній діаметр не менше 6мм.

Конструкція водопоказчиків повинна виключати можливість втискування ущільнювального матеріалу в канали і допускати очищення каналів продування і заміну стекол під час роботи котла.

3.3.3.7 Водопоказчики повинні встановлюватися таким чином, щоб нижня кромка прорізу рамки водопоказчика знаходилася нижче нижнього рівня води в котлі не менше ніж на 50 мм, проте нижній рівень повинний бути не вище середньої лінії видимої частини водопоказчика.

3.3.3.8 Водопоказчики повинні з'єднуватися з котлом за допомогою незалежних патрубків.

У середині котла не допускається встановлення труб, що йдуть до цих патрубків.

Патрубки повинні бути захищені від впливу гарячих газів, променистого тепла та інтенсивного охолодження.

Якщо скло водопоказчика встановлене на пустотілих корпусах, простір усередині такого водопоказчика повинний бути розділений перегородками.

На водопоказниках та їхніх сполучних трубах не допускається встановлення штуцерів та інших патрубків для інших цілей.

3.3.3.9 Патрубки для з'єднання водопоказчиків з котлом повинні мати внутрішній діаметр не менше ніж:

- 32мм – для вигнутих патрубків головних котлів,
- 20мм – для прямих патрубків головних котлів і вигнутих патрубків допоміжних котлів,
- 10мм – для прямих патрубків допоміжних котлів.

3.3.3.10 Конструкція, розміри, кількість, розташування та освітлення водопоказчиків повинні забезпечувати добру видимість і надійний контроль за рівнем води в котлі.

У разі недостатньої видимості рівня води у водопоказниках незалежно від висоти їхнього розташування, а також у разі дистанційного керування котлами повинні бути передбачені надійно діючі дистанційні (знижені) показчики рівня води або інші водоваказівні пристрої, схвалені Регістром і встановлені на постах керування котлами.

Ця вимога не поширюється на утилізаційні котли та їхні парозбірники (сепаратори пари).

3.3.3.11 Дистанційні показники рівня води в котлі можуть мати похибку не більше ± 20 мм від показання рівня за склом водопоказників, установлених на котлі, а запізнювання в показаннях рівня в них при максимально можливій швидкості зміни не повинні перевищувати 10% різниці між верхнім і нижнім рівнями.

3.3.4 Нижній рівень води і верхня точка поверхні нагрівання.

3.3.4.1 На кожному котлі з вільною поверхнею води (поверхнею випаровування) нижній рівень води в котлі повинний бути відзначений на водопоказнику котла шляхом нанесення на рамку або корпус водопоказника контрольної риски. Крім того, нижній рівень води повинний бути зафіксований на табличці контрольною рисою і написом «нижній рівень».

Табличка повинна кріпитися до корпусу котла і розташовуватися біля водопоказників.

Контрольна риска і табличка не повинні закриватися ізоляцією котла.

3.3.4.2 Нижній рівень води в котлі повинен знаходитися в усіх випадках над верхньою точкою поверхні нагрівання на відстані не менше 150 мм.

Зазначена відстань повинна зберігатися також при крені судна до 5° на кожний борт і за всіх можливих експлуатаційних диферентах.

У котлів з розрахунковою паропродуктивністю менше 750 кг/год. зазначена мінімальна відстань нижнього рівня до верхньої точки поверхні нагрівання може бути зменшена до 125 мм.

3.3.4.3 За верхню точку поверхні нагрівання водотрубних котлів необхідно брати положення верхніх кромek найвище розташованих опускних труб.

3.3.4.4 Газотрубні котли повинні бути забезпечені показником положення верхньої точки по-верхні нагрівання, який міцно закріплений на стінці котла поблизу таблички нижнього рівня води і має напис «Верхня точка поверхні нагрівання».

3.3.4.5 Вимоги до положення верхньої точки поверхні нагрівання та її показника не поширюються на утилізаційні котли, котли з примусовою циркуляцією, економайзери і пароперегрівачі.

3.3.5 Манометри і термометри.

3.3.5.1 Кожний котел повинний мати не менше двох манометрів, сполучених з паровим простором окремими трубками із запірними клапанами або кранами.

Між манометром і трубою повинні встановлюватися триходові крани або клапани, що дають змогу відключати манометр від котла, сполучати його з атмосферою, продувати з'єднувальну трубку і приєднувати контрольний манометр.

3.3.5.2 Один з манометрів повинний бути встановлений на передньому фронті котла, другий – на посту керування головними механізмами.

3.3.5.3 Для котлів з розрахунковою паропродуктивністю менше 750 кг/год. і утилізаційних котлів допускається встановлення одного манометра.

3.3.5.4 На виході води з економайзера повинний бути встановлений манометр.

3.3.5.5 Манометри повинні мати шкалу, достатню для гідравлічного випробування котла.

На шкалі манометра тиск, що відповідає робочому тиску пари в котлі, повинний бути відзначений червоною рисою.

3.3.5.6 Манометри, встановлені на котлах, повинні бути захищені від впливу гарячих поверхонь котла.

3.3.5.7 Манометри повинні бути повірені та повинні мати маркування дати повірки компетентними органами.

3.3.5.8 Пароперегрівачі та економайзери повинні бути забезпечені термометрами.

Наявність дистанційного контролю температури не виключає необхідності встановлення місцевих термометрів.

3.3.5.9 Показання засобів індикації внутрішнього тиску газотрубних утилізаційних котлів повинні легко зчитуватися із усіх місць керування.

3.3.6 Запобіжні клапани.

3.3.6.1 Кожний котел повинний мати не менше двох пружинних запобіжних клапанів однакової конструкції та однакового розміру, встановлених на барабані, як правило, на загальному патрубку, і один клапан, установлений на вихідному колекторі пароперегрівача.

Запобіжний клапан пароперегрівача повинний бути відрегульований таким чином, щоб він відкривався раніше ніж запобіжний клапан, установлений на барабані.

Для парових котлів з робочим тиском пари 4,0 МПа і більше рекомендується застосовувати запобіжні клапани імпульсної дії.

Для парових котлів із розрахунковою паропроductивністю менше 750 кг/год., а також для парозбірників (сепараторів пари) та парогенераторів, які не обігріваються за рахунок спалювання палива, достатньо передбачати один запобіжний клапан, за умови, що достатність захисту від надлишкового тиску підтверджена схваленим Регістром аналізом ризику.

3.3.6.2 Сумарна площа f , мм², вільного проходу запобіжних клапанів повинна бути не менше визначеної за формулами:

для насиченої пари

$$f = k \frac{G}{10,2 p_{\omega} + 1}; \quad (3.3.6.2-1)$$

для перегрітої пари

$$f = k \frac{G}{10,2 p_{\omega} + 1} \sqrt{\frac{V_H}{V_s}}, \quad (3.3.6.2-2)$$

де:

G – розрахункова паропроductивність, кг/год.;

p_{ω} – робочий тиск, МПа;

V_H – питомий об'єм перегрітої пари при відповідному робочому тиску і температурі, м³/кг;

V_s – питомий об'єм насиченої пари при відповідному тиску, м³/кг;

k – коефіцієнт гідравлічного опору, який береться рівним:

d/h якщо $h/d < 0,25$,

1,25 якщо $h/d > 0,25$;

d – мінімальний діаметр клапана, мм;

h – висота підймання клапана, мм.

Діаметр запобіжних пружинних клапанів повинний бути не менше 32 мм і не більше 100 мм.

Регістр після спеціального розгляду може допустити клапани з меншою площею прохідного перерізу ніж потрібно за формулами (3.3.6.2-1) і (3.3.6.2-2), якщо експериментальним шляхом буде доведено, що пропускна спроможність цих клапанів не менша ніж розрахункова паропроductивність котла.

3.3.6.3 Площа вільного проходу запобіжного клапана, встановленого на пароперегрівачі, що не вимикається, може бути зарахована до загальної площі проходу клапанів, яка визначається за формулами (3.3.6.2-1) і (3.3.6.2-2). Ця площа повинна становити не більше 25% сумарної площі вільного проходу клапанів.

3.3.6.4 У всіх випадках запобіжний клапан повинен бути налаштований таким чином, щоб при повному відкритті не допускати підвищення тиску понад $1,1 P_{\text{роб}}$.

Запобіжні клапани парових котлів повинні бути відрегульовані на наступні тиски відкриття:

$P_{\text{відкр}} \leq 1,05 P_{\text{роб}}$ для котлів з $P_{\text{роб}} < 1 \text{ МПа}$;

$P_{\text{відкр}} \leq 1,03 P_{\text{роб}}$ для котлів з $P_{\text{роб}} \geq 1 \text{ МПа}$ ».

Запобіжні клапани головних котлів і допоміжних котлів відповідального призначення після підриву повинні цілком припиняти вихід пари у разі спаду тиску в котлі не нижче ніж 0,85 робочого тиску.

3.3.6.5 На економайзерах повинний передбачатися пружинний запобіжний клапан діаметром не менше 15 мм.

3.3.6.6 У разі розташування запобіжних клапанів на загальному патрубку площа його перерізу повинна становити не менше 1,1 сумарної площі вільного проходу встановлених клапанів.

3.3.6.7 Площа перерізу паровідвідного патрубка запобіжного клапана і приєднаної до нього труби повинна бути не менше ніж подвоєна сумарна площа вільного проходу клапанів.

3.3.6.8 Для видалення конденсату на корпусі клапана або на паровідвідній трубі, якщо вона розташована нижче клапана, повинна бути передбачена спускна труба без запірних органів.

3.3.6.9 Запобіжні клапани повинні бути з'єднані безпосередньо з паровим простором котла без запірних органів.

Установлення підвідних труб до запобіжних клапанів усередині котла не допускається. Також забороняється встановлення на корпусах запобіжних клапанів або на їхніх патрубках пристроїв відбирання пари для інших потреб.

3.3.6.10 Устрій запобіжних клапанів повинний бути таким, щоб їх можна було підривати за допомогою дистанційного приводу, який спрацьовує від джерела енергії або вручну.

Керування приводом одного клапана повинне знаходитися в котельному приміщенні, другого – на верхній палубі або в іншому завжди доступному місці поза котельним приміщенням.

Дистанційний привод до запобіжних клапанів пароперегрівачів, утилізаційних котлів та їхніх парозбірників (сепараторів) може мати керування тільки з котельного приміщення.

3.3.6.11 Конструкція запобіжних клапанів повинна допускати їх пломбування або мати рівноцінний цьому запобіжник, що виключає регулювання клапанів без відома обслуговуючого персоналу.

Пружини запобіжних клапанів повинні бути захищені від безпосереднього впливу пари і виготовлені, як і ущільнювальні поверхні сідел і клапанів, з теплостійких корозійностійких матеріалів.

3.3.6.12 Запобіжні пристрої газотрубних утилізаційних котлів повинні відповідати наступним вимогам:

.1 котли з поверхнею нагрівання 50 м^2 і більше повинні бути обладнані двома запобіжними клапанами.

Котли з меншою поверхнею нагрівання можуть мати один запобіжний клапан;

.2 щоб уникнути накопичення конденсату, корпуси запобіжних клапанів повинні забезпечуватися постійним дренажем у безпечне для персоналу і механізмів місце.

Дренажна труба не повинна мати відсічну арматуру.

3.3.7 Роз'єднувальні та стопорні клапани.

3.3.7.1 Кожний котел повинний бути відділений від усіх з'єднаних з ним трубопроводів роз'єднувальними клапанами, встановленими безпосередньо на котлі.

3.3.7.2 Для неавтоматизованих суден, які потребують несення постійної вахти в машинному відділенні, роз'єднувальні стопорні клапани повинні мати дистанційні приводи для керування із завжди досяжного місця, розміщеного за межами машинного відділення. Допускається застосування як ручних дистанційних приводів, так і приводів від джерела енергії.

Для автоматизованих суден ця вимога є рекомендованою.

3.3.7.3 Якщо на судні встановлений один головний котел або допоміжний котел відповідального призначення з пароперегрівачем або економайзером, то пароперегрівач і економайзер повинні бути такими, що відключаються від котла.

3.3.7.4 Вимоги до паропроводів і трубопроводів продування котлів викладені в розд. 18 частини VIII «Системи і трубопроводи».

3.3.8 Клапани продування.

3.3.8.1 Котли, їхні пароперегрівачі, економайзери і парозбірники повинні бути забезпечені пристроями для продування і, у разі потреби, клапанами для спорожнення.

Клапани продування і спорожнення повинні встановлюватися безпосередньо на стінках котла. При робочому тиску менше 1,6МПа ці клапани можуть установлюватися на приварних фасонних патрубках.

3.3.8.2 Внутрішній діаметр клапанів і труб нижнього продування повинний бути не менше 20мм і не більше 40мм.

Для котлів з розрахунковою паропродуктивністю менше 750кг/год. діаметр клапанів і труб може бути зменшений до 15мм.

3.3.8.3 У котлах з вільною поверхнею випаровування пристрій верхнього продування повинний забезпечувати видалення піни і шламу з усієї поверхні випаровування.

3.3.9 Клапани добирання проб котлової води.

На кожному котлі необхідно передбачати не менше одного клапана або крана для добирання проб води. Встановлення цих клапанів або кранів на трубах і патрубках, призначених для інших цілей, не допускається.

3.3.10 Клапани для видалення повітря.

На котлах, пароперегрівачах і економайзерах повинні бути встановлені в достатній кількості клапани або крани для видалення повітря.

3.3.11 Отвори для внутрішнього огляду.

3.3.11.1 Котли повинні бути обладнані лазами для огляду всіх внутрішніх поверхонь. Якщо обладнання лазів неможливе, повинні бути передбачені оглядові лючки.

3.3.11.2 Горловини лазів овальної форми повинні мати розміри у світу не менше 300×400мм, круглої форми – не менше 400мм.

В окремих випадках розміри горловин лазів овальної форми можуть бути зменшені до 280×380мм, круглої форми – до 380мм.

Горловини лазів овальної форми на циліндричних стінках повинні розташовуватися так, щоб менший розмір горловин знаходився в поздовжньому напрямку.

3.3.11.3 Газотрубні вертикальні котли в районі робочого рівня води повинні мати на корпусі принаймні два оглядові лючки, розташованих один навпроти одного.

3.3.11.4 Усі частини котлів, що перешкоджають або утруднюють вільний доступ і огляд внутрішніх поверхонь, повинні бути знімними.

3.4 КОТЛИ-ІНСИНЕРАТОРИ

3.4.1 Ці вимоги поширюються на судові допоміжні котлоагрегати, які використовуються для спалювання сміття, нафтових осадів та залишків з температурою спалаху вище ніж 60°C.

3.4.2 Розрахунки на міцність і вимоги до конструкції, арматури, топкових пристроїв, керування і захисту наведені в розд. 2, 3, 4 і 5.

3.4.3 Системи автоматизації котлів-інсинераторів з безвахтовим обслуговуванням та їхні елементи повинні відповідати вимогам частини XV «Автоматизація».

3.4.4 Для спалювання сміття і нафтових осадів та залишків повинна передбачатися спеціальна камера, що відповідає таким вимогам:

.1 камера повинна бути відділена від топки котла і повністю футерована матеріалом, стійким до хімічного впливу продуктів згоряння;

.2 канали, що з'єднують топку з камерою, повинні бути достатнього перерізу.

У будь-якому випадку робочий тиск у камері не повинний перевищувати тиск у топці більше ніж на 10%;

.3 повинний бути встановлений запобіжний пристрій, що спрацьовує у разі перевищення робочого тиску більше ніж на 0,02 МПа.

Запобіжний пристрій повинний виключати викид полум'я в машинно-котельне відділення;

.4 сумарна площа вільного проходу запобіжного пристрою повинна бути не менше 115см² на 1м³ об'єму, але не менше 45см².

Допускається спалювання сміття в камерах, що розташовані у вогневому просторі котла.

Котли-інсинератори повинні бути обладнані завантажувальним пристроєм із запірними кришками, обладнаними блокуванням, що виключає їхнє одночасне відкриття.

На котлах-інсинераторах, які не мають завантажувального пристрою, повинний бути встановлений блокувальний пристрій відкриття завантажувального люка, який працює по температурі в камері згоряння, і виключає самоспалах сміття при завантаженні.

Якщо є обмеження відносно завантажувального матеріалу, необхідно вказати про це у попереджувальній таблиці.

3.4.5 Спалювання нафтових осадів і залишків повинне проводитися через спеціально призначену для цього систему.

Допускається використання системи подачі палива і топкового пристрою котла для спалювання нафтових осадів і залишків за умови забезпечення бездимного горіння.

3.4.6 Котли-інсинератори повинні обладнуватися ефективною системою сажоочищення.

3.5 КОТЛИ З ОРГАНІЧНИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ

3.5.1 Вимоги цього підрозділу поширюються на рідинні котли з органічними теплоносіями.

3.5.2 Загальні положення, що стосуються огляду, технічної документації, виготовлення, норм розрахунку на міцність, а також загальних вимог, викладені в розд. 1, 2 та в 3.2.1, 3.2.6 – 3.2.10, 3.2.12, 3.2.13.

При цьому, незалежно від робочого тиску, мінімальний робочий тиск для котлів, що працюють на органічному теплоносії, повинний бути не менше 1,0МПа, а для цистерн, які утримують органічний теплоносій – не менше 0,2МПа.

3.5.3 Котли, як правило, повинні розташовуватися в окремих приміщеннях з витяжною вентиляцією, що забезпечує не менше ніж 6-разовий обмін повітря на годину.

При іншому розташуванні місце встановлення котлів повинне бути обгороджене привареним комінгсом висотою не менше 150мм, обладнаним дренажним трубопроводом у закриту цистерну.

3.5.4 Конструкція котла повинна виключати можливість підвищення температури стінки трубки з боку теплоносія у будь-якій частині котла вище допустимої.

3.5.5 Кожний котел повинний мати:

.1 запірну арматуру з боку входу і виходу теплоносія.

Арматура повинна розташовуватися в легкодоступному і безпечному для обслуговування місці та мати як місцеве так і дистанційне керування ззовні приміщення, в якому розташовані котли.

Повинні бути передбачені заходи, які забезпечують в разі відкриття клапанів аварійного зливання теплоносія надходження в розширювальну цистерну достатньої кількості повітря (для відкритої системи) або інертного газу (для закритої системи).

Зливання теплоносія із системи повинне проводитися в зливальну цистерну або цистерну запасу;

.2 не менше одного пружинного запобіжного клапана цілком закритого типу.

Сумарна пропускна спроможність установлених запобіжних клапанів повинна бути не менше ніж приріст об'єму теплоносія в котлі в умовах максимальної інтенсивності обігріву.

Діаметр умовного проходу клапанів повинний бути не менше 25мм і не більше 130мм.

Тиск, при якому спрацьовує запобіжний клапан, не повинний перевищувати максимальний робочий тиск більше ніж на 10%;

.3 манометр;

.4 можливість повного зливання теплоносія;

.5 пристрій для аварійного зливання теплоносія, який приводиться в дію як із місцевого поста керування так і дистанційно ззовні приміщення, в якому розташовані котли;

.6 лази та лючки для огляду топкової камери котла, який працює на судновому паливі;

.7 лази для огляду поверхні нагрівання утилізаційного котла на вході та виході газів;

.8 фірмову дошку, яка встановлена на видному місці згідно з **3.2.12**;

.9 топки допоміжних котлів та приймальні камери утилізаційних котлів повинні забезпечуватися дренажними пристроями і сигналізацією протікань теплоносія.

3.5.6 До котлів, які мають електричний підігрів, застосовуються ті ж вимоги, що і до котлів, які працюють на судновому паливі.

3.5.7 Кожний утилізаційний котел і котел на рідкому паливі повинний обладнуватися ефективною системою сажоочищення.

3.5.8 З'єднання котельних труб з барабанами і колекторами повинні бути зварними.

3.5.9 На котлах повинна застосовуватися арматура сильфонного типу.

3.5.10 Котли повинні бути обладнані температурними датчиками, які встановлені на виході газів, пожежною сигналізацією і захистом по граничному значенню температури на виході теплоносія.

3.5.11 Регулювання температури теплоносія на виході з утилізаційних котлів повинне виконуватися незалежно від режиму роботи двигунів шляхом зміни кількості випускних газів, які надходять в утилізаційний котел, або шляхом перепуску органічного теплоносія на спеціальний охолоджувач.

Застосування заслінок для регулювання температури утилізаційних котлів допускається лише для котлів з гладкими трубами за умови, що швидкість газів у них буде не менше 10 м/с.

На утилізаційних котлах, повинний бути передбачений пристрій, що припиняє подачу до них випускних газів у разі спрацювання аварійного захисту. Цей пристрій не повинний перешкоджати роботі двигуна у разі припинення подачі газів у котел.

У разі установлення на судні двох і більше двигунів такий пристрій може не передбачатися.

3.5.12 Котли з органічними теплоносіями повинні бути обладнані автоматичними регуляторами горіння, звуковою та світловою сигналізацією відповідно до табл. 4.3.10 частини XV «Автоматизація», блокуванням, передбаченим у **5.3.2**, і захистом відповідно до **5.3.3** цієї частини.

Крім того, повинне бути передбачене блокування пуску топкового пристрою, коли не працюють циркуляційні насоси.

Для утилізаційних котлів у випадку початку їхнього обігріву при зупинених циркуляційних насосах повинна бути передбачена сигналізація.

3.5.13 Утилізаційні котли повинні бути обладнані стаціонарною системою пожежогасіння.

Дозволяється використання систем зрошення великою кількістю води.

Газохід під утилізаційним котлом повинний бути обладнаний дренажною системою, яка забезпечує відведення цієї води, виключаючи її надходження до двигуна.

3.6 ВИМОГИ ДО КОТЛІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ЯК ПАЛИВО

3.6.1 Вимоги до головних і допоміжних котлів.

3.6.1.1 Котли повинні відповідати наступним функціональним вимогам:

.1 випускні системи повинні мати конфігурацію, що запобігає будь-якому скупченню незгорілого газоподібного палива;

.2 частини котлів і системи, в яких міститься або може міститися займистий газ або газо-повітря-на суміш, повинні бути обладнані відповідними системами скидання тиску, якщо вони не мають закладеної в них проектом міцності, що дозволяє витримати найгірші умови надлишкового тиску внаслідок витоків газу, що зайнялися;

.3 відведення газів, що утворюються під час вибуху, повинне бути здійснене в сторону від місця, де зазвичай може бути присутнім персонал; і

.4 всі споживачі газу повинні мати окремі системи випуску.

3.6.1.2 Кожен з котлів повинен мати свою призначену для нього систему примусової тяги.

Для використання в надзвичайній ситуації між системами примусової тяги котлів може бути встановлена перемичка за умови збереження всіх відповідних функцій безпеки.

3.6.1.3 Топки і витяжні шахти котлів повинні бути сконструйовані таким чином, щоб запобігати скупченню газоподібного палива.

3.6.1.4 Форсунок повинні мати конструкцію, яка підтримує стійке горіння при всіх умовах експлуатації.

3.6.1.5 Для головних котлів, що забезпечують роботу пропульсивних двигунів, повинна бути передбачена автоматична система перемикання з споживання газового палива на рідке паливо без переривання горіння.

3.6.1.6 Газові насадки і система керування форсунками повинні мати таку конструкцію, щоб забезпечувати запалювання газового палива тільки за допомогою запального полум'я рідкого палива, за винятком випадків, коли котел і система запалювання спроектовані і схвалені Регістром і Адміністрацією для запалювання за допомогою газового палива.

3.6.1.7 Повинні бути передбачені засоби, що забезпечують автоматичне перекривання подачі газового палива до форсунок, якщо належне запалювання не здійснюється і не підтримується.

3.6.1.8 На паливній трубці кожної з газових форсунок повинен бути встановлений керований вручну запірний клапан.

3.6.1.9 Повинні бути передбачені засоби автоматичного продування трубок подачі газового палива до форсунок за допомогою інертного газу після того, як ці форсунок будуть погашені.

3.6.1.10 За роботою системи автоматичної зміни палива відповідно до 3.6.1.5, повинен здійснюватися контроль з використанням аварійно-попереджувальної сигналізації з тим, щоб забезпечити її постійну готовність до роботи.

3.6.1.11 У разі втрати горіння усіма працюючими форсунками повинні бути передбачені засоби автоматичного продування топок котлів до повторного запалювання.

3.6.1.12 Повинні бути передбачені засоби послідовного продування котлів вручну.

4. КЕРУВАННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, ЗАХИСТ І СИГНАЛІЗАЦІЯ КОТЛІВ

4.1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

4.1.1 Вимоги цього розділу поширюються на парові котли та котли з органічними теплоносіями, призначені для використання при постійному вахтовому обслуговуванні.

Додаткові вимоги до керування, регулювання, захисту і сигналізації котлів у складі автоматизованих котельних установок з безвахтовим обслуговуванням викладені в **4.3** частини **XV** «Автоматизація» і **4.2.3.1** частини **VI** «Протипожежний захист».

4.1.2 Системи автоматизації та їхні елементи і пристрої повинні відповідати вимогам розд. **2** і **3** частини **XV** «Автоматизація».

4.2 РЕГУЛЮВАННЯ

4.2.1 Котли на рідкому паливі (головні та допоміжні відповідального призначення) повинні бути обладнані автоматичними регуляторами горіння. Парові котли на рідкому паливі повинні бути обладнані також і регуляторами живлення.

Для інших котлів ці регулятори рекомендуються.

4.2.2 Регулятори повинні забезпечувати стійку підтримку установлених параметрів у заданому діапазоні парових або теплових (для котлів з органічними теплоносіями) навантажень.

4.3 ЗАХИСТ

4.3.1 Усі котли, за винятком котлів із штучною циркуляцією, утилізаційних котлів, конструкція яких допускає роботу без води, а також колекторів других контурів двоконтурних котлів, повинні бути обладнані захистом, що не відключається, щодо нижнього рівня води в котлі (див. **3.3.4**).

4.3.2 Котли з автоматичними топковими пристроями повинні бути обладнані захистом відповідно з **5.3**.

4.4 СИГНАЛІЗАЦІЯ

4.4.1 Місцеві пости керування котлів з автоматичними регуляторами живлення і автоматичними топковими пристроями повинні бути обладнані пристроями, які видають звукові та світлові аварійно-попереджувальні сигнали відповідно до **4.4.2** і **4.2.3.1** частини **VI** «Протипожежний захист».

4.4.2 Звукова і світлова сигналізація повинні діяти:

у разі зниження рівня води до нижнього граничного;

у разі підвищення рівня води до верхнього граничного;

у разі несправностей у системах автоматичного регулювання і пристроях захисту, зокрема при зникненні електроживлення;

у разі несправностей топкових пристроїв (див. **5.3.3**);

при виникненні пожежі в газоповітряному тракті чи газозоді котла.

4.4.3 Сигналізація нижнього граничного рівня повинна починати діяти раніше ніж спрацює пристрій захисту.

4.4.4 Повинна передбачатися можливість відключення звукового сигналу вручну після його спрацювання.

4.4.5 В котлах з високим ризиком пожежі в каналах подачі повітря до котла і в каналах газів, які відходять, повинні бути передбачені засоби для подачі сигналів тривоги на ранній стадії розвитку пожежі.

До котлів з високим ризиком пожежі в каналі подачі повітря відносяться котли, обладнані теплообмінними апаратами ротаційного типу з обертовими поверхнями нагрівання, підданими поперемінному впливу повітря і газів, які відходять.

До котлів з високим ризиком пожежі в каналах газів, які відходять, відносяться котли, обладнані теплообмінними апаратами для нагрівання газами, які відходять, повітря або води, наприклад, економайзерами або повітропідігрівниками.

5. ТОПКОВІ ПРИСТРОЇ КОТЛІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА СУДНОВОМУ ПАЛИВІ

5.1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

5.1.1 Загальні положення, що стосуються огляду, технічної документації, виготовлення і загальних вимог до топкових пристроїв, викладені в розд. 1.

5.1.2 Усе обладнання, що використовується в топкових пристроях: насоси, вентилятори, швидкозапірні клапани та електроприводи, – повинне бути схваленого Регістром типу і виготовлене під технічним наглядом Регістру або іншого компетентного органу, визнаного Регістром.

Пристрої регулювання, захисту, блокування і сигналізації повинні відповідати вимогам частини XV «Автоматизація».

5.1.3 Електричне обладнання топкових пристроїв повинне відповідати вимогам частини XI «Електричне обладнання».

5.1.4 Паливо, що застосовується для котлів, повинно мати температуру спалаху відповідно до 1.1.2 частини VII «Механічні установки».

5.1.5 Трубопроводи і арматура топкових пристроїв повинні відповідати вимогам частини VII «Системи і трубопроводи».

5.1.6 Для спостереження за процесом горіння в топці котлів повинні бути передбачені оглядові пристрої.

5.1.7 Для гасіння запальників ручного розпалювання повинні бути передбачені відповідні пристрої.

5.2 ФОРСУНКИ

5.2.1 Конструкція форсунок повинна забезпечувати можливість регулювання розміру і форми факела.

5.2.2 Для форсунки зі змінною продуктивністю повинна бути забезпечена можливість регулювання кількості необхідного для горіння повітря.

5.2.3 Приймальні отвори котельних вентиляторів рекомендується захищати від потрапляння в них вологи і сторонніх предметів.

5.2.4 Повинні бути передбачені конструктивні заходи щодо неможливості повороту і знімання форсунок з робочого положення до припинення подачі до них палива.

5.2.5 У разі використання форсунок з паровим або повітряним розпилом палива повинні бути передбачені конструктивні заходи щодо неможливості потрапляння повітря або пари в паливо і навпаки.

5.2.6 У разі підігріву котельного палива повинні бути передбачені конструктивні заходи щодо неможливості перегріву палива у підігрівачі при зниженні паропроductивності котла або при відключенні форсунок.

5.2.7 У місцях можливого витоку палива повинні бути передбачені піддони.

5.3 АВТОМАТИЧНІ ТОПКОВІ ПРИСТРОЇ

5.3.1 Вимоги цього підрозділу поширюються на автоматичні топкові пристрої парових котлів та котлів з органічними теплоносіями, що потребують постійного вахтового обслуговування.

5.3.2 Топкові пристрої повинні мати блокування, що допускає подачу палива в топку котла тільки за таких умов:

- .1** форсунка перебуває в робочому положенні;
- .2** живлення подане до всього електричного обладнання;
- .3** закінчена вентиляція топки;
- .4** запальна форсунка працює або увімкнене електричне запалювання (при запалюванні основної форсунки);
- .5** рівень води в котлі вище нижнього граничного (для парових котлів);

.6 потік теплоносія через котел у межах норми (для парових котлів з примусовою циркуляцією та котлів з органічним теплоносієм).

5.3.3 Топкові пристрої повинні бути обладнані захистом, що не вимикається, який спрацьовує протягом не більше ніж 1с (для запальної форсунки не більше 10с) і автоматично припиняє подачу палива до форсунки:

.1 у разі припинення подачі повітря в топку або недостатнього його напору;

.2 у разі обриву факела форсунки;

.3 у разі досягнення нижнього граничного рівня води в котлі;

.4 у разі зменшення потоку теплоносія нижче мінімально допустимої межі (для парових котлів з примусовою циркуляцією та котлів з органічним теплоносієм).

5.3.4 Припинення подачі палива повинне проводитися за допомогою двох самозакривних послідовно включених клапанів або одного клапана, якщо всі цистерни, з яких передбачається подача палива, розміщені нижче топкового пристрою.

5.3.5 Топкові пристрої повинні мати засоби контролю за наявністю факела у форсунці. Засоби повинні реагувати на факел тільки контрольованої форсунки.

5.3.6 Продуктивність запальної форсунки повинна бути такою, щоб форсунка самостійно не могла тримати котел під тиском у разі повного припинення витрати пари (для котлів з органічними теплоносіями – при робочій температурі теплоносія у випадку відключення всіх споживачів).

При одночасній роботі запальної та основної форсунок і спрацюванні захисту у випадках, зазначених у **5.3.3**, запальна форсунка повинна припинити роботу одночасно з основною.

5.3.7 Автоматичні топкові пристрої головних котлів і допоміжних котлів відповідального призначення повинні забезпечувати можливість керування ними вручну.

Ручне керування повинне передбачатися безпосередньо біля котла. При цьому всі автоматичні пристрої, зазначені в **5.3.2** і **5.3.3**, повинні функціонувати.

5.3.8 Повинна передбачатися можливість відключення топкового пристрою з двох місць, одне з яких повинне бути розташоване поза котельним приміщенням.

6. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ

6.1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

6.1.1 Загальні положення, що стосуються технічного огляду, технічної документації, виготовлення, матеріалів і загальних вимог до посудин під тиском і теплообмінних апаратів, а також норми розрахунку на міцність викладені у розд. 1 і 2 (крім 2.2.1.4).

6.1.2 Елементи теплообмінних апаратів і посудин під тиском, які стикаються із забортною водою або іншими агресивними середовищами, повинні виготовлятися з корозійностійких матеріалів, або забезпечуватися захистом від корозії.

6.1.3 Теплообмінні апарати і посудини під тиском повинні зберігати працездатність в умовах навколишнього середовища, зазначених у 2.3 частини VII «Механічні установки».

6.2 ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ

6.2.1 На посудини під тиском і теплообмінні апарати поширюються вимоги 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4, 3.2.6, 3.2.7, 3.2.9 і 3.2.10 та, у разі необхідності, вимоги 3.2.13.

6.2.2 У необхідних випадках конструкція повинна забезпечувати можливість теплових подовжень корпусу та окремих частин теплообмінних апаратів і посудин під тиском.

6.2.3 Корпуси теплообмінних апаратів і посудин під тиском повинні мати лапи для надійного кріплення їх до фундаментів.

У необхідних випадках повинне передбачатися верхнє кріплення.

6.2.4 Додаткові вимоги наведені в 4.4 частини VII «Механічні установки».

6.2.5 Для огляду внутрішніх поверхонь теплообмінного апарату і посудини під тиском повинні передбачатися лази.

Якщо улаштування лазів неможливе, у відповідних місцях необхідно передбачати оглядові лючки.

При довжині теплообмінного апарату і посудини під тиском більше 2,5м оглядові лючки повинні передбачатися з обох кінців.

Улаштування оглядових лазів і лючків не вимагається при розбірній конструкції або при повному виключенні корозії і забруднення внутрішніх стінок.

У теплообмінних апаратах і посудинах під тиском, конструкція яких виключає можливість огляду через лази і лючки, улаштування останніх необов'язкове.

Розміри горловин лазів наведені в 3.3.11.2.

6.3 АРМАТУРА І КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

6.3.1 Кожний теплообмінний апарат і посудина під тиском або їхні групи, які не відключаються, повинні бути обладнані запобіжними клапанами, що не вимикаються.

За наявності кількох порожнин, які не сполучені між собою, запобіжні клапани повинні передбачатися для кожної порожнини.

Гідрофори повинні забезпечуватися запобіжним клапаном, установленим на боці водяного простору.

В окремих випадках допускається відступ від зазначених вимог.

6.3.2 Запобіжні клапани, як правило, повинні бути пружинними.

У підігрівачах палива та масла допускається застосування запобіжних мембран схваленого Регістром типу, які установлюються на боці палива та масла.

6.3.3 Запобіжні клапани повинні мати таку пропускну спроможність, щоб за будь-яких обставин робочий тиск не міг бути перевищений більше ніж на 15%.

6.3.4 Конструкція запобіжних клапанів повинна допускати їх пломбування або повинна мати рівноцінний запобіжник, що виключає регулювання клапанів без відома обслуговуючого персоналу.

Матеріал пружин і ущільнювальних поверхонь клапанів повинний бути стійким до корозійного впливу середовища.

6.3.5 Установлення показників рівня та оглядового скла на теплообмінних апаратах і посудинах під тиском дозволяється тільки в тих випадках, коли цього вимагають умови контролю і спостереження.

Показники рівня та оглядове скло повинні бути надійної конструкції і належним чином захищені.

У показниках рівня води, палива, масла і холодильного агента повинне застосовуватися плоске скло. Між показниками рівня і посудинами під тиском повинні бути встановлені запірні пристрої.

У деаераторах допускається застосовувати циліндричне скло.

6.3.6 На теплообмінних апаратах і посудинах під тиском для встановлення арматури повинні передбачатися приварки або жорсткі короткі патрубки з фланцями.

На гідрофорах допускається застосування нарізних з'єднань.

Установлення арматури повинне виконуватися з урахуванням вимог **3.3.1.1**.

6.3.7 Посудини і теплообмінні апарати повинні бути обладнані пристроями продування і дренажу.

6.3.8 Кожний теплообмінний апарат і посудина під тиском або їхні групи, що не вимикаються, повинні обладнуватися манометрами або мановакуумметрами.

В теплообмінних апаратах, які мають кілька порожнин, манометри повинні передбачатися для кожної порожнини.

Манометри повинні відповідати вимогам **3.3.5.1**, **3.3.5.5** і **3.3.5.7**.

6.4 СПЕЦІАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТЕПЛОБІМНИХ АПАРАТІВ І ПОСУДИН ПІД ТИСКОМ

6.4.1 Повітрязберігачі.

6.4.1.1 Запобіжні клапани повітрязберігачів головних і допоміжних двигунів і систем пожежогасіння після підривання повинні повністю припиняти вихід повітря при зниженні тиску в повітрязберігачі не нижче ніж 0,85 робочого тиску.

6.4.1.2 Якщо компресори, редукційні клапани або трубопроводи, від яких повітря подається у повітрязберігачі, мають запобіжні клапани, встановлені так, що виключається подача повітря в повітрязберігачі тиском вище ніж робочий, то встановлення запобіжного клапана на повітрязберігачі не обов'язкове. У цьому випадку на кожному повітрязберігачі замість запобіжного клапана повинна встановлюватися легкоплавна пробка.

6.4.1.3 Легкоплавна пробка повинна мати температуру плавлення в межах 100 – 130°C.

На легкоплавкій пробці повинна бути вибита температура плавлення.

Для повітрязберігачів місткістю більше 700л діаметр легкоплавкої пробці повинний бути не менше 10мм.

6.4.1.4 Кожний повітрязберігач повинний бути обладнаний пристроєм для видалення вологи.

При горизонтальному розташуванні повітрязберігачів пристрій для видалення вологи необхідно передбачити на обох кінцях повітрязберігача.

6.4.2 Конденсатори.

6.4.2.1 Конструкція конденсатора і його розташування на судні повинні забезпечувати можливість заміни трубок.

Корпус головного конденсатора, як правило, повинний бути сталевим зварним.

Усередині конденсатора в місцях підведення пари з надлишковим тиском повинні бути передбачені відбивні щити для захисту трубок від безпосереднього удару пари.

Конструкція кріплення трубок повинна виключати їх провисання і небезпечну вібрацію.

6.4.2.2 Кришки водяних камер конденсатора повинні мати горловини, кількість і розташування яких повинні забезпечувати доступ до трубок у будь-якій частині трубного пучка для вальцювання, заміни ущільнення або глушення трубок.

Для захисту водяних камер, трубних дощок і трубок від електролітичної корозії повинний передбачатися протекторний захист.

6.4.2.3 Головний конденсатор повинний допускати роботу в аварійному режимі при будь-якому відключеному корпусі турбоагрегату.

6.4.2.4 Конструкція конденсатора повинна допускати підключення до нього контрольних і вимірювальних приладів, необхідних відповідно до **19.4** частини VIII «Системи і трубопроводи».

6.4.3 Теплообмінні апарати і посудини холодильних та протипожежних установок.

6.4.3.1 Теплообмінні апарати і посудини холодильних та протипожежних установок повинні відповідати вимогам розд. **5** частини XII «Холодильні установки» і розд. **3** частини VI «Протипожежний захист», відповідно.

6.4.4 Балони.

6.4.4.1 Ці вимоги поширюються на безшовні балони місткістю не більше 200л із зовнішнім діаметром не більше 420мм та довжиною не більше 2000мм, які заповнюються газом на спеціальних станціях та після заповнення доставляються на судно для зберігання і відбору стиснутих і зріджених газів.

Балони з приварними днищами повинні розраховуватися відповідно з вимогами розд. **2** «Розрахунки на міцність».

6.4.4.2 Максимально допустимий тиск p_D , МПа, при заданих розмірах і товщині стінки сталевго балона повинний братися не більше визначеного за формулою

$$p_D \leq \frac{2\sigma\phi(s-c)}{D_a - (s-c)}, \quad (6.4.4.2)$$

де:

σ – допустимі напруження, МПа, які визначаються згідно з **2.1.4.6**. Коефіцієнти запасу міцності n_{Pl} і n_{To} повинні братися відповідно: $n_{Pl} = 1,5$ і $n_{To} = 2,6$;

ϕ – коефіцієнт міцності (див. **2.1.6**);

s – товщина стінки, мм;

D_a – зовнішній діаметр балона, мм;

c – додаток на корозію ($c = 1$ мм – для повітря; $c = 0,3$ мм – для зріджених газів; $c = 0$ – для високоміцних сталей, а також у разі відсутності корозійного впливу).

Якщо матеріалом балону є високоміцна сталь з границею плинності не менше 750МПа і співвідношенням границі плинності до тимчасового опору не менше 0,8, коефіцієнт запасу міцності n_{To} в **6.4.4.2** допускається приймати рівним 2,1.

Якщо розрахунковий тиск p для конкретного газу вищий ніж максимально допустимий p_D , допускається його пониження до величини $p < p_D$ за рахунок зменшення масового вмісту газу в балоні.

Розрахункова температура навколишнього середовища у приміщенні для зберігання балонів при розрахунковому тиску завжди повинна бути нижчою ніж критична температура для даного газу і прийматися рівною:

- 50°C – для суден необмеженого району плавання,

- 40°C – для суден обмеженого району плавання в середніх широтах,

-45°C – для балонів вуглекислого газу незалежно від району плавання.

Розрахунковий тиск і ступінь заповнення вуглекислотних балонів повинні вибиратися згідно вимог **3.8.2.1** чи **3.8.3.1** частини VI «Протипожежний захист».

6.4.4.3 Кожний балон та його клапанна головка повинні бути обладнані запобіжними пристроями, які не відключаються (розривною мембраною, запобіжним клапаном або легкоплавкою пробкою), що захищають балон від недопустимого підвищення температури.

Запобіжні клапани і легкоплавкі корки балонів, за винятком балонів зрідженого вуглекислого газу, повинні відповідати вимогам **6.3.3**, **6.4.1.1** і **6.4.1.3**.

Тиск спрацювання запобіжних мембран повинний бути $1,1p$, де p – розрахунковий тиск.

Запобіжні пристрої балонів зрідженого вуглекислого газу повинні відповідати вимогам **3.8.2.6.1** чи **3.8.3.3** частини VI «Протипожежний захист».

6.4.4.4 Для балонів місткістю менше 100л (крім балонів зрідженого вуглекислого газу) запобіжні пристрої можуть не передбачатися за умови виконання таких вимог:

.1 балони не повинні розташовуватися в міцному корпусі судна нижче верхньої палуби;

.2 температура у приміщеннях, в яких встановлюються балони, повинна бути не вище зазначеної в **6.4.4.2**;

.3 приміщення для балонів повинні розташовуватися подалі від житлових і службових приміщень, а також від місць і приміщень, де встановлене важливе для безпеки судна обладнання або зберігаються легкозаймисті речовини і паливо.

6.4.4.5 Від запобіжних пристроїв, як правило, повинне передбачатися закриття відведення газу в атмосферу. У випадку вільного відведення повітря від запобіжних клапанів повітрозберігачів повинна бути виконана вимога **3.1.2.5** частини VI «Протипожежний захист». Відведення газу від запобіжних пристроїв балонів систем вуглекислотного пожежогасіння повинно проводитися відповідно до **3.8.2.7** частини VI «Протипожежний захист».

6.4.4.6 На балонах, що заповнюються без допомоги суднових засобів (суднових компресорів тощо), встановлення манометрів на кожному балоні не обов'язкове.

Проте в будь-якому випадку повинна бути забезпечена можливість контролю за тиском у будь-якому балоні.

6.4.4.7 Балони у разі потреби повинні обладнуватися пристроями продування і дренажу.

6.4.4.8 Приміщення для зберігання балонів, що містять вибухонебезпечні гази, повинні мати вхід з відкритої палуби.

6.4.4.9 Геометрія днищ.

.1 Опукле сферичне днище в місці переходу від циліндричної частини балону повинне мати товщину, рівну товщині стінки циліндричної частини.

В районі горловини безшовного балону повинне бути передбачено стовщення сферичної стінки днища порівняно з циліндричною не менше ніж в 1,5 рази. При цьому сферична частина, товщаючи, повинна плавно переходити в горловину балону.

.2 Мінімальна товщина увігнутого сферичного днища безшовного балону повинна бути не менше ніж у 2 рази більша товщини циліндричної частини балону.

Товщина нижньої частини циліндричної стінки балону повинна мати плавне стовщення до величини 1,7 товщини стінки балону в його циліндричній частині.

Висота увігнутого днища повинна бути не менше 0,12 зовнішнього діаметру балона.

6.4.4.10 Після виготовлення кожний балон повинний бути підданий гідравлічним випробуванням згідно до табл. 1.7.1. При цьому максимальні розрахункові напруження не повинні перевищувати 0,9 границі плинності матеріалу балону.

6.4.4.11 У випадку проведення гідравлічних випробувань окремих зразків балонів до руйнування, коефіцієнти запасу міцності можуть бути зменшені порівняно з указаними в **6.4.4.2**.

7. ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ КОТЕЛЬНИХ СТАЛЕЙ

7.1 НИЖНІ ГРАНИЦЯ ПЛИННОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗРАХУНКОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ, МПа

Таблиця 7.1

Марка сталі	R_m , МПа	Розрахункова температура, °C							
		20	100	200	250	300	350	400	450
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вуглецева:									
Ст10	330	195	186	177	162	147	127	108	78
12К і 15К	350	205	196	181	167	142	118	98	78
Ст3	370	205	196	186	177	157	–	–	–
16К, 20 і 20К	400	235	226	206	186	157	137	118	98
18К	430	255	245	226	206	177	157	137	118
Легована:									
15ХМ	440	225	226	221	216	216	206	196	191
12Х1МФ	440	255	255	250	245	235	226	216	206
16ГС і 09Г2С	450	265	255	235	226	196	177	157	123
З підвищеним вмістом марганцю 22ГК	530	335	324	304	284	275	255	245	235

7.2 ГРАНИЦЯ ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗРАХУНКОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ, МПа

Таблиця 7.2

Марка сталі	R_m	R_{eH}	Розрахункова температура, °C							
			МПа							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вуглецева:										
10, 12К і 15К	330–350	195–205	186	157	137	118	103	88	74	64
16К, 18К, 20 і 20К	400–430	235–255	216	186	162	142	127	108	98	83
Легована:										
15ХМ	440	225	–	–	–	–	–	–	–	–
12Х1МФ	440	255	–	–	–	–	–	–	–	–
16ГС і 09Г2С	450	265	255	216	186	167	147	127	113	98
З підвищеним вмістом марганцю 22ГК	530	335	245	226	206	186	167	157	137	118

Марка сталі	R_m	R_{eH}	Розрахункова температура, °C									
	МПа		450	460	470	480	490	500	510	520	530	
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Вуглецева:												
10, 12К і 15К	330–350	195–205	59	–	–	–	–	–	–	–	–	
16К, 18К, 20 і 20К	400–430	235–255	69	–	–	–	–	–	–	–	–	
Легована:												
15ХМ	440	225	265	245	226	196	157	137	118	103	88	
12Х1МФ	440	255	–	–	–	196	186	177	167	152	137	

Марка сталі	R_m	R_{eH}	Розрахункова температура, °C								
	МПа		450	460	470	480	490	500	510	520	530
16ГС і 09Г2С	450	265	88	78	69	—	—	—	—	—	—
З підвищеним вмістом марганцю 22ГК	530	335	103	93	83	74	69	59	49	34	25

ТИПОВІ ПРИКЛАДИ ДОПУСТИМИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ДЛЯ КОТЛІВ, ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ І ПОСУДИН ПІД ТИСКОМ

Розміри конструктивних елементів підготовлених кромок зварюваних деталей і розміри швів зварних з'єднань треба брати відповідно до національних стандартів із урахуванням способу зварювання.

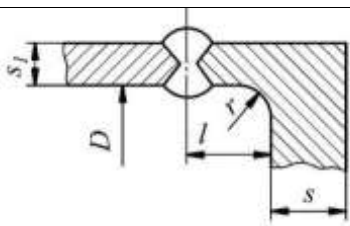
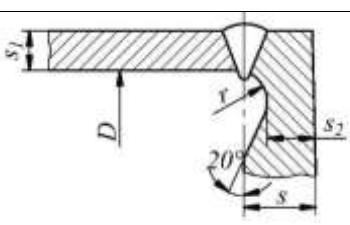
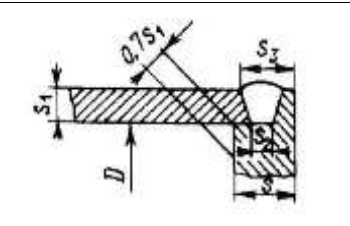
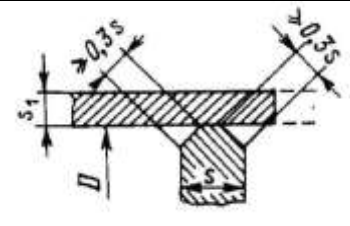
Типові приклади зварних з'єднань, що допускаються, наведені у цьому додатку.

Різні варіанти зварних з'єднань не повинні розглядатися як еквівалентні один одному, а послідовність розташування зварних з'єднань не свідчить про порядок їхнього розташування за характеристиками міцності.

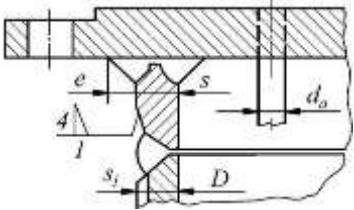
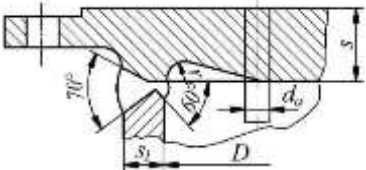
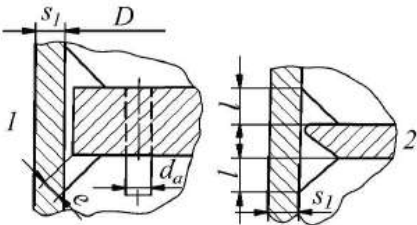
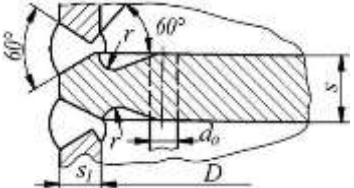
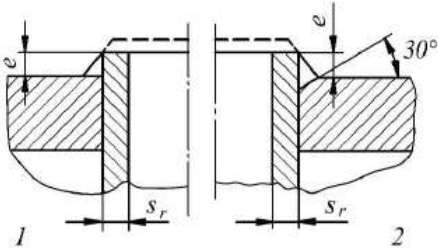
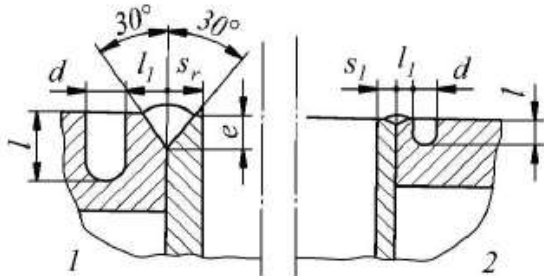
Наведені варіанти зварних з'єднань деталей треба застосовувати за умови забезпечення належної міцності конструкції.

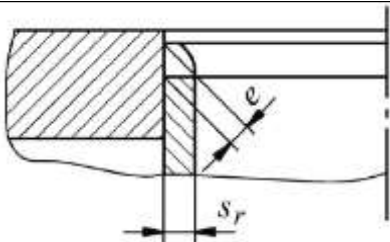
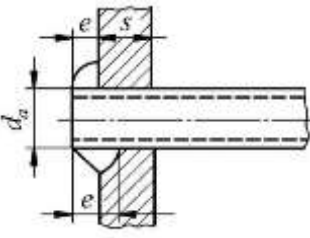
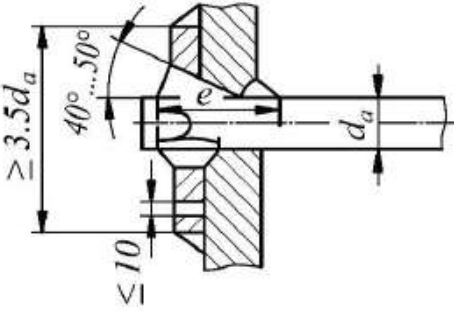
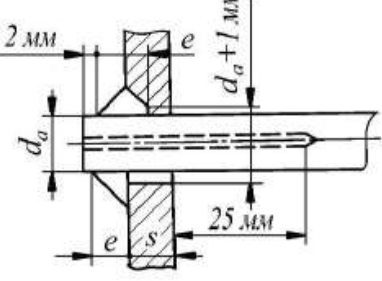
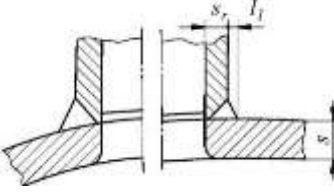
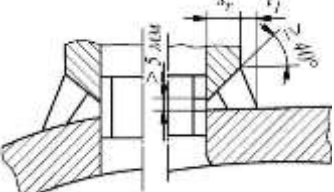
Залежно від характеристик матеріалів, які застосовуються, а також від подальшого розвитку техніки зварювання можуть бути допущені також інші варіанти зварних з'єднань. У цьому випадку, а також тоді, коли типові приклади зварних з'єднань не можуть бути застосовані цілком, тип зварного з'єднання повинний бути погоджений із Регістром

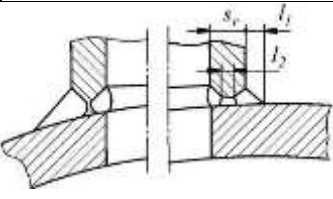
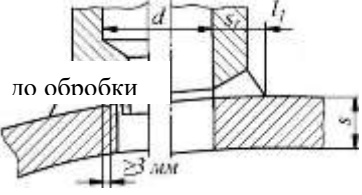
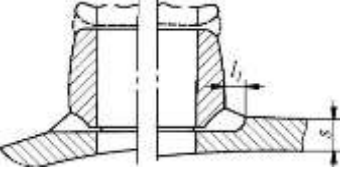
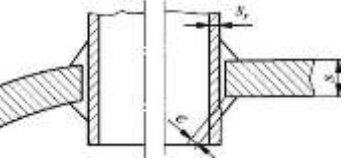
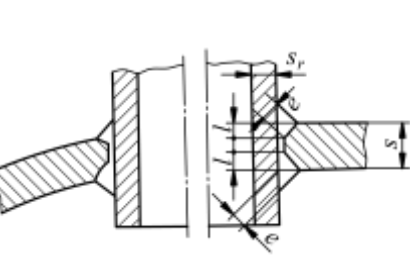
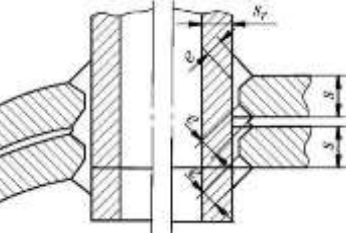
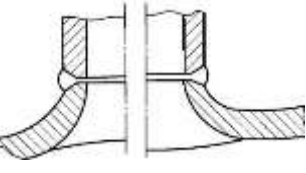
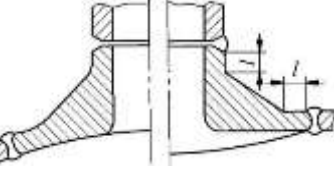
ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ, ЯКІ ДОПУСКАЮТЬСЯ

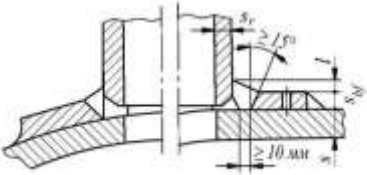
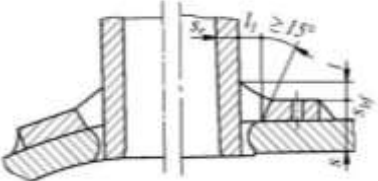
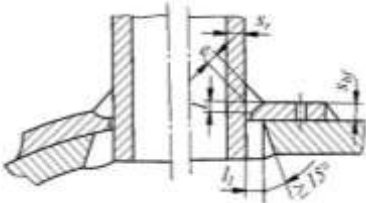
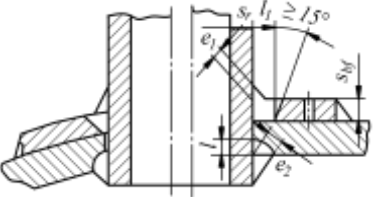
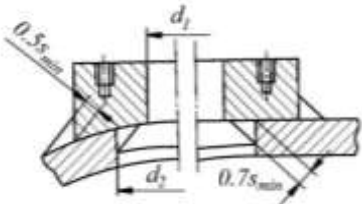
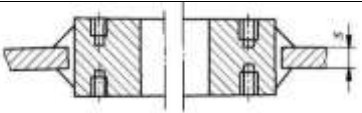
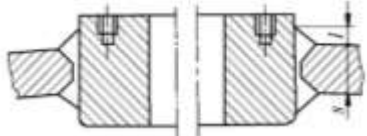
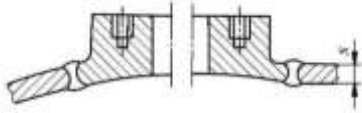
Тип з'єднання		
1	2	3
1. Плоскі днища і кришки		
1.1		$k = 0,38,$ $r \geq s/3$, але не менше 8мм, $l \geq s.$
1.2		$k = 0,45,$ $r \geq 0,2s$, але не менше 5мм, $s2 \geq 5\text{мм}.$ Див. примітку 1.
1.3		$k = 0,5,$ $s2 \leq s1$, але не менше 6,5мм, $s3 \geq 1,25 s1.$ Див. примітку 1.
1.4		$k = 0,45.$ Див. примітку 1.

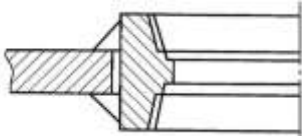
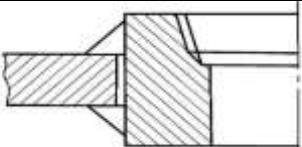
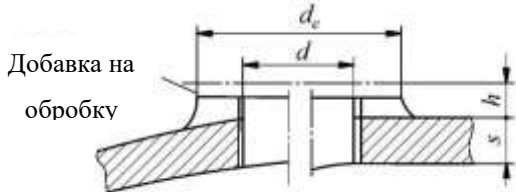
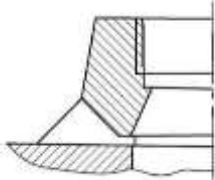
Тип з'єднання		
1	2	3
1.5		$k = 0,55$. Див. примітку 1.
1.6		$k = 0,57$.
2. Опуклі днища		
2.1		Допускається для котлів і посудин під тиском I, II, III класів. Див. примітки 2, 17
2.2		Допускається для котлів і посудин під тиском II, III класів
2.3		Слід уникати цього з'єднання. Допускається тільки для посудин III класу, де відсутня небезпека корозії. $s_1 \leq 16\text{мм}$, $D \leq 600\text{мм}$.
2.4		Допускається тільки для посудин III класу. $s_1 \leq 16\text{мм}$, $D \leq 600\text{мм}$.
3. Трубні решітки		
3.1		$k = 0,45$, $e = 0,71 s_1$, $s_1 \leq 16\text{мм}$. Див. примітки 3, 4.

1	Тип з'єднання	3
3.2		$k = 0,45,$ $e = \frac{s_1}{3},$ але не менше 6 мм, $s_1 > 16$ мм. Див. примітки 5, 6.
3.3		$k = 0,45,$ $r \geq 0,2s,$ але не менше 5 мм
3.4		$k = 0,45,$ Варіант 1: $e \geq 0,71 s_1,$ але при $e > 13$ мм кращий варіант 2, де $l = s_1/3,$ але не менше 6 мм. Див. примітку 7.
3.5		$k = 0,45,$ $r \geq 0,2s,$ але не менше 5 мм.
4. Труби		
4.1		$e = sr,$ $e \geq 5$ мм, $sr \geq 2,5$ мм. Див. примітки 8, 9, 10.
4.2		$d = sr; l_1 = sr;$ $1,5sr < l < 2sr,$ Варіант 1: $sr \geq 5$ мм; $l = sr.$ Варіант 2: $sr < 5$ мм. Див. примітку 11.

1	Тип з'єднання	3
1	2	3
4.3		$e = 0,7 s_r$, $s_r \geq 3\text{мм}$. Див. примітку 12.
5. Анкерні в'язі, анкерні труби і короткі в'язі		
5.1		$k = 0,42$.
5.2		$k = 0,34$
5.3		$k = 0,38$. Короткі в'язі (див. 3.2.2).
6. Патрубки, штуцери, приварки		
6.1	Приварні патрубки ненаскрізні	
6.1.1		$s_r \leq 16\text{мм}$, $l_l = s_r/3$, але не менше 6мм.
6.1.2		$l_l = s_r/3$, але не менше 6мм. Див. примітку 13.

1	Тип з'єднання	3
6.1.3		$l_2 = 1,5 \dots 2,5 \text{ мм},$ $l_1 \geq sr/3$, але не менше 6мм. Див. примітку 14.
6.1.4	 після обробки	$l_1 \geq sr/3$, але не менше 6мм. Див. примітки 15, 16.
6.1.5		$l_1 = 10 \dots 13 \text{ мм}.$ Див. примітку 15
6.2	Приварні патрубки наскрізні	
6.2.1		З'єднання застосовується в основному при $sr < s/2$, $e = sr$.
6.2.2		З'єднання застосовується в основному при $sr < s/2$, $e = 6 \dots 13 \text{ мм}.$ $e + l = sr$
6.2.3		З'єднання застосовується в основному при $sr < s/2$, $e \geq s/10$, але не менше 6мм.
6.3	Висаджені штуцери	
6.3.1		
6.3.2		Див. примітку 17.

Тип з'єднання		
1	2	3
6.4	Патрубки з дископодібними зміцнювальними накладками	
6.4.1		$l \geq sr/3$, але не менше 6мм.
6.4.2		$l \geq sr/3$, але не менше 6мм, $l_1 \geq 10$ мм.
6.4.3		$e + l = sr$ або $e + l = sbf$, залежно від того, що менше; $l_1 \geq 10$ мм,
6.4.4		$e + l \geq sr$, $l_1 \geq 10$ мм, $2sr \leq (e_2 + l) + \text{найменша із величин } (sfb + e_1) \text{ або } l_1$
6.5	Приварки та штуцери під шпильки	
6.5.1		$d_2 \leq d_1 + 2s_{min}$. Див. примітку 18. залежно від того, що менше
6.5.2		$s \leq 10$ мм. Див. примітки 19, 20.
6.5.3		$l \geq 6$ мм, $s \leq 20$ мм.
6.5.4		$s \geq 20$ мм.

	Тип з'єднання	
1	2	3
6.6	Приварки та штуцери для нарізних з'єднань	
6.6.1		
6.6.2		
6.6.3	 Добавка на обробку	$d \leq s$, $d_e = 2d$, $h \leq 10\text{мм}$, $h \leq 0,5s$. Див. примітку 21
6.6.4		
Примітки: 1. Зварне з'єднання може застосовуватися для котлів з діаметром обичайки до 610мм. Для посудин під тиском воно може застосовуватися без обмежень, якщо $R_m \leq 460\text{МПа}$ або $R_{eH} \leq 365\text{МПа}$. 2. Зменшення товщини обичайки або фланцевої ділянки днища може бути виконане з внутрішнього або із зовнішнього боку. 3. Тип зварного з'єднання для випадків, коли зварювання доступне з обох боків обичайки. 4. Для обичайок товщиною більше 16мм кутові шви виконуються з обробкою кромки обичайки відповідно до рис. 3.2. 5. Тип зварного з'єднання для випадків, коли зварювання доступне тільки з зовнішнього боку обичайки. 6. Для обичайок товщиною менше 16мм кутові шви можуть виконуватися без обробки кромки обичайки. Висота кільця повинна бути не менше 40мм. 7. Зазор між внутрішнім діаметром обичайки і зовнішнім діаметром трубних решіток необхідно зменшувати до мінімально можливого. 8. Кінець труби, що виступає за межі зварного шва, видаляється фрезеруванням або шліфуванням. 9. Відстань між трубами повинна бути не менше 2,5 sr, але не менше 8мм. 10. При ручному електродуговому зварюванні необхідно щоб $sr \geq 2,5\text{мм}$. 11. Рекомендується, якщо необхідно звести до мінімуму деформації трубних решіток, що виникають при зварюванні. 12. Приварювання труб проводиться ручним електродуговим зварюванням. 13. Підкладне кільце повинне бути щільно припасоване і після зварювання видалене. 14. Застосовується, якщо можливе зварювання з внутрішнього боку патрубку. 15. Застосовується для патрубків малих розмірів порівняно з розмірами посудини. 16. Після зварювання патрубків обробляється до кінцевого розміру d. 17. Циліндричні ділянки I повинні мати розміри, що дають змогу здійснювати радіографічний контроль у разі потреби. 18. Зазор між приварками і посудинами не повинний перевищувати 3мм. 19. Зазор між діаметром отвору і зовнішнім діаметром штуцера повинний бути якнайменшим і в будь-якому випадку не повинний перевищувати 3мм. 20. Верхні отвори під шпильки повинні бути зміщені відносно нижніх. 21. Сумарна товщина обичайки посудини і наплавленого металу повинна бути достатньою для забезпечення необхідної кількості витків різьби.		

Регістр судноплавства України

**ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ
МОРСЬКИХ СУДЕН**

**ЧАСТИНА Х
КОТЛИ, ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ І
ПОСУДИНИ ПІД ТИСКОМ**

Регістр судноплавства України
04070, Київ, вул. Петра Сагайдачного, 10
<https://ur.ua>