

ПРАВИЛА

КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ

ЧАСТЬ IX МАТЕРИАЛЫ И СВАРКА

НД № 2-020101-157



Санкт-Петербург
2022

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ

Правила классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу 1 января 2022 года.

Настоящее издание Правил составлено на основе издания 2021 года с учетом изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту переиздания.

Правила устанавливают требования, являющиеся специфичными для судов, перевозящих сжиженные газы наливом, и дополняют Правила классификации и постройки морских судов и Правила по оборудованию морских судов Российского морского регистра судоходства.

Правила состоят из следующих частей:

- часть I «Классификация»;
- часть II «Требования к общему расположению»;
- часть III «Остойчивость. Деление на отсеки. Надводный борт»;
- часть IV «Хранение груза»;
- часть V «Противопожарная защита»;
- часть VI «Системы и трубопроводы»;
- часть VII «Электрическое оборудование»;
- часть VIII «Контрольно-измерительные устройства и системы автоматизации»;
- часть IX «Материалы и сварка»;
- часть X «Специальные требования».

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Требования настоящей части Правил классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом¹ распространяются на листовой и профильный прокат, трубы, поковки и отливки, предназначенные для изготовления грузовых емкостей, технологических сосудов под давлением, грузовых и технологических трубопроводов, вторичных барьеров, а также на сварные конструкции указанных изделий.

Требования также распространяются на листовой и профильный прокат из судостроительной стали согласно 3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов², предназначенной для изготовления конструкций, воспринимающих низкую температуру, но не являющихся частью вторичного барьера.

Требования к прокату, поковкам и отливкам приведены в [табл. 2.1-1 — 2.1-5](#), к сварным конструкциям — в [разд. 3](#).

1.2 Изготовление, испытания, освидетельствование и документация должны удовлетворять требованиям части XIII «Материалы» Правил классификации, согласованным стандартам и требованиям настоящей части Правил LG.

1.3 Если Регистром не требуется иное, должны быть проведены испытания на ударный изгиб в соответствии с 2.2.3 части XIII «Материалы» Правил классификации на образцах согласно рис. 2.2.3.1-2 и табл. 2.2.3.1-2 указанной части; при этом устанавливаются нормы минимальной работы удара KV согласно 2.2.3.1 и табл. 2.2.3.1-4 указанной части.

Для основного металла должны изготавливаться образцы наибольшего размера для данной толщины материала. Требования к испытаниям металла толщиной менее 5 мм должны соответствовать национальным и/или международным стандартам. Для толщин стали до 40 мм включительно образцы должны быть отобраны в 2 мм от поверхности проката таким образом, чтобы их продольная ось была параллельна направлению проката, а поверхности механически обработаны. Для толщин стали более 40 мм образцы отбираются таким образом, чтобы их продольные оси располагались посередине между поверхностью и центром сечения по толщине. Надрезы выполняются перпендикулярно к поверхности.

По согласованию с Регистром в дополнение к испытаниям на ударный изгиб или вместо них могут проводиться иные испытания для определения стойкости против хрупких разрушений (трещиностойкость), например, испытание падающим грузом.

В случае получения неудовлетворительных результатов испытаний на ударный изгиб повторные испытания проводятся в соответствии с 1.3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.4 Временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение конкретного материала должны быть указаны в документации, подлежащей одобрению Регистра.

1.5 Испытание на изгиб может не проводиться для основного материала, однако требуется при испытании сварных соединений.

В случае различия уровней прочности основного металла и сварного шва вместо поперечной применяется продольная ориентация образцов.

1.6 Регистр может допустить материалы с иным химическим составом и/или иными механическими свойствами.

¹ В дальнейшем — Правила LG.

² В дальнейшем — Правила классификации.

1.7 Если предусматривается термическая обработка после сварки, свойства основного материала должны определяться в состоянии термической обработки в соответствии с [табл. 2.1-1 — 2.1-5](#), а свойства сварного соединения — после термической обработки согласно требованиям [разд. 3](#).

Если предусматривается термическая обработка после сварки, требования к испытаниям могут быть изменены по согласованию с Регистром.

1.8 Стали категорий А, В, D, Е, АН, ДН, ЕН и FН должны удовлетворять требованиям соответственно 3.2 и 3.5 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.9 При первоначальном освидетельствовании и в случае отклонений сдаточных испытаний от регламентированных соответствующим разделом Правил LG требований, необходимо проведение макро- и микроанализа структуры, а также определение твердости в соответствии с 3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.10 Применяемые алюминиевые сплавы в конструкциях систем хранения грузов газовозов должны соответствовать требованиям разд. 5 части XIII «Материалы» Правил классификации для алюминиевых сплавов, а также в соответствии с требованиями разд. 10 части XIII «Материалы» Правил классификации.

2 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

2.1 Требования к конструкционным материалам приведены в следующих таблицах:

[табл. 2.1-1](#): листы, трубы (бесшовные и сварные), профили и поковки для грузовых емкостей и технологических сосудов под давлением для расчетных температур не ниже 0 °С;

[табл. 2.1-2](#): листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от 0 до –55 °С;

[табл. 2.1-3](#): листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от –55 до –165 °С;

[табл. 2.1-4](#): труба (бесшовные и сварные), поковки и отливки для грузовых и технологических трубопроводов для расчетных температур от 0 до –165 °С;

[табл. 2.1-5](#): листовая и профильная сталь для корпусных конструкций, воспринимающих пониженную температуру груза.

2.2 Поковки и отливки, применяемые для грузовых и технологических трубопроводов при температуре эксплуатации ниже 0 °С, должны отвечать требованиям признанных национальных и/или международных стандартов.

Таблица 2.1-1

Листы, трубы (бесшовные и сварные ¹), профили и поковки для грузовых емкостей и технологических сосудов под давлением для расчетных температур не ниже 0 °С	
Химический состав Углеродисто-марганцевая сталь. Спокойная. Мелкозернистая. Химический состав стали должен соответствовать требованиям национального, международного стандарта или спецификации изготовителя, одобренной Регистром.	
Термическая обработка Нормализация или закалка с отпуском ²	
Испытания на растяжение и ударный изгиб	
Листы	Испытаниям подвергается каждое изделие
Профили и поковки	Испытания по партиям
Испытания на растяжение	Расчетный минимальный предел текучести не должен превышать 410 МПа ³
Испытания на ударный изгиб	
Листы	Поперечные образцы Минимальная средняя величина работы удара KV 27Дж
Профили и поковки	Продольные образцы Минимальная средняя величина работы удара KV 41Дж
Температура испытаний на ударный изгиб	
Толщина S (мм)	Температура испытаний (°С)
$S \leq 20$	0
$20 < S \leq 40$	–20
¹ Для бесшовных труб и арматуры — в соответствии с требованиями Правил классификации. Испытания на ударный изгиб не регламентированы.	
² При гарантии производителя получения регламентируемых Правилами свойств стали вместо нормализации или закалки с отпуском может быть применена прокатка при контролируемой температуре.	
³ Твердость сварного шва и зоны термического влияния должны отвечать одобренным международным и/или национальным стандартам и нормам.	

[illegible]

Таблица 2.1-3

Листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур ¹ ниже –55 до –165 °С. Максимальная толщина ² 25 мм		
Минимальная расчетная температура, °С	Химический состав ³ и термическая обработка	Температура испытания на ударный изгиб, °С
–60	Сталь с 1,5 % Ni N или N+T или Q+T или TMCP	–65
–65	Сталь с 2,25 % Ni N или N+T или Q+T или TMCP ⁴	–70
–90	Сталь с 3,5 % Ni N или N+T или Q+T или TMCP ⁴	–95
–105	Сталь с 5 % Ni N или N+T или Q+T ^{4, 5}	–110
–165	Сталь с 9 % Ni N+N+T или Q+T	–196
–165	Аустенитные стали типов* 304, 304L, 316, 316L, 321 и 347 Обработанные на твердый раствор	–196
–165	Алюминиевые сплавы типа* 5083, 1550, 1565ч Отожженные	Испытание не требуется
–165	Аустенитный сплав Fe – Ni (36 % Ni)	Испытание не требуется
Испытания на растяжение и ударный изгиб		
Листы	Испытаниям подвергается каждое изделие	
Профили и поковки	Испытания по партиям	
Испытания на ударный изгиб		
Листы	Поперечные образцы	
	Минимальная средняя величина работы удара KV 27Дж	
Профили и поковки	Продольные образцы	
	Минимальная средняя величина работы удара KV 41Дж	
¹ Требования для материалов, используемых при расчетных температурах ниже –165 °С должны соответствовать регламентируемым национальными или международными стандартами значениям.		
² Для сталей с 1,5 %; 2,25 %; 3,5 % и 5 % Ni толщиной более 25 мм температура испытаний на ударный изгиб должна корректироваться следующим образом:		
Толщина материала S, мм		
Температура испытаний, °С		
25 < S ≤ 30		
На 10 °С ниже расчетной		
30 < S ≤ 35		
На 15 °С ниже расчетной		
35 < S ≤ 40		
На 20 °С ниже расчетной		
Величина работы удара должна соответствовать приведенной в таблице для соответствующего образца.		
³ Предельные значения химического состава должны соответствовать одобренной спецификации.		
⁴ Для закаленной и отпущенной стали допускается более низкая минимальная расчетная температура.		
⁵ Сталь с содержанием Ni 5 % после тройной термической обработки может быть использована при температуре до –165 °С при условии, что испытания на ударный изгиб проводятся при температуре –196 °С.		
* В соответствии с международными и национальными стандартами.		

Таблица 2.1-4

Трубы (бесшовные и сварные), поковки и отливки для грузовых и технологических трубопроводов для расчетных температур от 0 до –165 °С. Максимальная толщина 25 мм			
Минимальная расчетная температура, °С	Химический состав ¹ и термическая обработка	Испытания на ударный изгиб (продольный образец)	
		Температура испытаний, °С	Минимальная сред. величина работы удара, Дж
–55	Углеродисто-марганцевая сталь. Спокойная. Мелкозернистая. Нормализованная	– ²	27
–65	Сталь с 2,25 % Ni N или N+T или Q+T ³	–70	34
–90	Сталь с 3,5 % Ni N или N+T или Q+T ³	–95	34
–165	Сталь с 9 % Ni ⁴ N+N+T или Q+T	–196	41
	Аустенитные стали типов* 304, 304L, 316, 316L, 321 и 347 Обработанные на твердый раствор	–196	41
	Алюминиевые сплавы типа* 5083 Отожженные		Испытания не требуются
Испытания на растяжение и ударный изгиб Испытаниям подвергается каждая партия			
Испытания на ударный изгиб Продольные образцы			
¹ Предельные значения химического состава должны отвечать требованиям одобренной Регистром спецификации.			
² Температура испытаний может быть на 5 °С ниже минимальной расчетной температуры или –20 °С, смотря по тому, что меньше.			
³ Для закаленной и отпущенной сталей допускается более низкая минимальная расчетная температура.			
⁴ Данный химический состав не применим для отливок.			
* В соответствии с международными и национальными стандартами.			

Таблица 2.1-5

Листы и профили для конструкций корпуса, воспринимающих пониженную температуру груза							
Минимальная расчетная температура конструкций корпуса, °С	Максимальная толщина, мм, для стали категории						
	A	B	D	E	A32 A36 A40	D32 D36 D40	E32 E36 E40
0 и выше ¹ –5 и выше ²	В соответствии с 1.4 части II «Корпус» Правил классификации						
Ниже до –5	15	25	30	50	25	45	50
Ниже до –10	*	20	25	50	20	40	50
Ниже до –20	*	*	20	50	*	30	50
Ниже до –30	*	*	*	40	*	20	40
Ниже –30	В соответствии с табл. 2.1-2 , за исключением ограничений, приведенных в сноске ² к этой таблице, не применяются						
¹	Для случаев, указанных в 19.2.3 части IV «Хранение груза».						
²	Для случаев, указанных в 19.2.2 части IV «Хранение груза».						
*	Применение стали данной категории не допускается.						

3 СВАРКА И НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

3.1 Общие положения.

3.1.1 Настоящие требования применяются для первичного и вторичного барьеров, а также элементов корпуса, формирующих вторичный барьер.

Требования настоящего раздела, как правило, применяются для углеродистых, углеродисто- марганцевых, легированных никелем и аустенитных сталей и могут составлять основу для приемочных испытаний других материалов.

По согласованию с Регистром испытания на ударный изгиб сварных соединений из нержавеющей стали и алюминиевых сплавов могут не проводиться.

Регистр может потребовать другие виды испытаний для любого материала.

3.2 Сварочные материалы.

3.2.1 Сварочные материалы, предназначенные для сварки грузовых емкостей, должны быть признаны Регистром, иметь соответствующее Свидетельство об одобрении сварочных материалов, и соответствовать согласованным с Регистром стандартам и/или спецификациям.

Для всех сварочных материалов, если иное не оговорено, должны проводиться испытания наплавленного металла и стыкового сварного соединения.

Результаты, полученные при проведении испытаний на растяжение и ударный изгиб на образцах с V-образным надрезом, должны удовлетворять требованиям Регистра.

Химический состав наплавленного металла подлежит согласованию с Регистром.

3.3 Технологические испытания при сварке грузовых емкостей, технологических сосудов под давлением и вторичных барьеров.

3.3.1 Количество и расположение проб для испытаний.

3.3.1.1 На всех стыковых швах должны проводиться технологические испытания:
для каждого основного материала;
для каждого сварочного материала и способа сварки;
для каждого положения шва.

Стыковые пробы из листов стали должны быть подготовлены таким образом, чтобы направление сварки совпадало с направлением прокатки.

Диапазон толщин для каждого технологического испытания устанавливается по согласованию с Регистром.

По усмотрению изготовителя или Регистра может производиться радиографический или ультразвуковой контроль.

Технологические испытания сварочных материалов для сварки угловых швов должны выполняться в соответствии с требованиями части XIV «Сварка» Правил классификации; при этом сварочные материалы должны обеспечивать требуемую величину работы удара при испытании на ударный изгиб.

3.3.2 Объем испытаний.

3.3.2.1 Выбранные способы сварки для грузовых емкостей и сосудов под давлением, указанных в настоящем пункте, должны удовлетворять требованиям [1.2](#).

Для каждой пробы должен устанавливаться следующий порядок испытаний способа сварки:

- .1** испытания на растяжение образцов, вырезанных поперек сварного шва;
- .2** испытание продольных образцов, вырезанных вдоль сварного шва должно соответствовать требованиям национального или международного стандарта;
- .3** испытания на изгиб образцов, вырезанных поперек сварного шва. В тех случаях, когда основной металл и металл шва имеют различные уровни прочности, вместо испытаний на поперечных требуются испытания на образцах, вырезанных вдоль сварного шва;

.4 один комплект их трех образцов с V-образным надрезом для испытания на ударный изгиб должен быть отобран из следующих мест ([рис. 3.3.2.1.3](#)):

центральная линия сварного шва (1);

линия сплавления (ЛС) (2);

1 мм от ЛС (3);

3 мм от ЛС (4);

5 мм от ЛС (5);

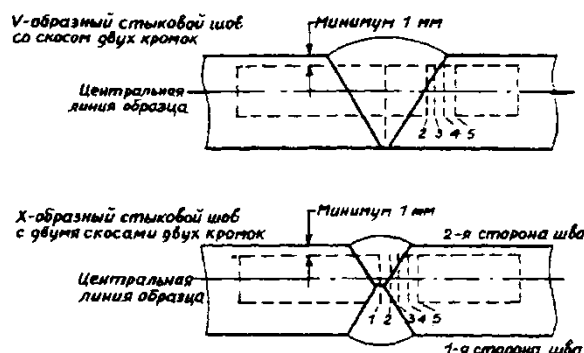


Рис. 3.3.2.1.3

Ориентация образца для испытаний на ударный изгиб и образца с Y-образным надрезом

.5 анализ макроструктуры. Регистр может потребовать также анализ микроструктуры и определение твердости.

3.4 Испытания.

3.4.1 Испытания на растяжение.

3.4.1.1 Временное сопротивление при испытании сварных соединений должно быть не менее требуемого для основного металла.

3.4.2 Испытания на изгиб.

3.4.2.1 При изгибе на оправке диаметром, равным четырем толщинам образца, не должно быть трещин при угле изгиба до 180°.

3.4.3 Испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом.

3.4.3.1 Испытания должны проводиться при температуре, предписанной для основных свариваемых материалов.

При испытании металла шва на ударный изгиб величина работы удара должна быть не менее 27 Дж.

Требования при испытании образцов меньших размеров и допускаемая величина работы удара на одном образце должны соответствовать 2.2.3.1 и табл. 2.2.3.1-4 части XIII «Материалы» Правил классификации.

Результаты испытаний на ударный изгиб по линии сплавления и зоне термического влияния должны удовлетворять требованиям к основному материалу для продольных или поперечных образцов в зависимости от того, что применимо, а образцов меньших размеров — аналогично указанному в [1.3](#).

3.5 Испытания угловых сварных соединений.

3.5.1 Требования к испытаниям угловых сварных соединений изложены в разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов. Выбор сварочных материалов должен осуществляться в соответствии с требованиями Регистра к значению энергии удара материала сварного соединения.

3.6 Технологические испытания сварных соединений вторичного барьера.

3.6.1 Должны быть проведены технологические испытания сварных соединений вторичного барьера.

3.7 Технологические испытания сварных соединений трубопроводов.

3.7.1 Должны быть проведены технологические испытания сварных соединений трубопроводов, которые должны быть аналогичны испытаниям, указанным в [3.2](#).

Если не оговорено иное, требования к испытаниям должны соответствовать приведенным в [3.4](#).

3.8 Испытания сварных швов в процессе производства.

3.8.1 Для всех грузовых емкостей и технологических сосудов под давлением, за исключением встроенных и мембранных грузовых емкостей, испытания сварных швов в процессе производства должны, как правило, проводиться приблизительно на каждые 50 м стыковых сварных соединений и представлять каждое положение шва.

Для вторичных барьеров должны быть проведены те же испытания, но их объем может быть уменьшен по согласованию с Регистром.

По усмотрению Регистра для грузовых емкостей или вторичных барьеров могут быть потребованы иные испытания, чем указаны в [3.8.2 — 3.8.4](#).

Требования к испытаниям должны соответствовать [3.4](#). Программа испытаний должна основываться на технической документации изготовителя и быть одобрена Регистром.

3.8.2 Испытания в процессе производства для вкладных грузовых емкостей типов А и В и полумембранных емкостей включают следующие испытания:

3.8.2.1 Испытания на изгиб и ударный изгиб, если они требуются при технологических испытаниях. Один комплект, состоящий из трех образцов, должен быть испытан на каждые 50 м сварных швов. Испытания на ударный изгиб должны проводиться на образцах с надрезом, расположенным либо по центру сварного шва, либо в зоне термического влияния (наиболее критическое место устанавливается по результатам технологических испытаний). Для аустенитной нержавеющей стали все надрезы должны быть по центру сварного шва.

3.8.3 Кроме испытаний для вкладных грузовых емкостей типа С и технологических сосудов под давлением должны быть также проведены испытания на растяжение образцов, вырезанных поперек сварного шва.

3.8.4 Испытания сварных швов в процессе производства для вкладных грузовых емкостей и мембранных емкостей должны выполняться в соответствии с [3.3.2](#).

3.9 Неразрушающий контроль.

3.9.1 Для вкладных грузовых емкостей типа А и полумембранных емкостей, если расчетная температура равна или ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, и для вкладных грузовых емкостей типа В независимо от температуры 100 % стыковых сварных швов с полным проваром листов обшивки грузовых емкостей должны подвергаться неразрушающему контролю радиографическим методом.

3.9.1.1 При расчетной температуре выше $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ все пересечения стыковых сварных швов с полным проваром и по меньшей мере 10 % остальных стыковых сварных швов с полным проваром конструкций грузовых емкостей должны быть подвергнуты неразрушающему контролю радиографическим методом.

3.9.1.2 В каждом случае сварные швы других конструкций грузовых емкостей, включая сварку ребер жесткости и другой арматуры и креплений, должны быть подвергнуты неразрушающему контролю по согласованию с Регистром.

3.9.2 Вкладные грузовые емкости типа С и технологические сосуды под давлением в зависимости от одобренных Регистром стандартов качества изготовления конструкций должны быть подвергнуты полному или частичному неразрушающему контролю, объем которых должен быть не менее, чем указано в [3.9.2.1](#) и [3.9.2.2](#).

3.9.2.1 Общий объем неразрушающего контроля, указанный в 24.2.1 части IV «Хранение груза»:

.1 радиографический метод:

все стыковые сварные соединения по всей их длине;

.2 неразрушающий метод обнаружения поверхностных трещин:

все сварные швы в объеме 10 % их общей длины;

подкрепляющие кольца вокруг отверстий, горловин и так далее по всей их длине.

Допускается, в качестве альтернативы, частичная замена неразрушающего контроля радиографическим методом на неразрушающий контроль ультразвуковым методом с учетом [3.9.7](#). Также может быть потребован контроль ультразвуковым методом швов приварки подкрепляющих колец вокруг отверстий, горловин и так далее, в полном объеме.

3.9.2.2 Частичный объем неразрушающего контроля, указанный в 24.2.1 части IV «Хранение груза»:

.1 радиографический метод:

все стыковые сварные соединения в местах их пересечения и не менее 10 % общей длины стыковых сварных соединений в выбранных, равномерно распределенных местах;

.2 неразрушающий метод обнаружения поверхностных трещин:

подкрепляющие кольца вокруг отверстий, горловин и так далее по всей их длине;

.3 ультразвуковой метод:

объем контроля должен быть одобрен Регистром.

3.9.3 Неразрушающий контроль швов сварных соединений внутреннего корпуса или конструкций вкладных емкостей, поддерживающих емкости с внутренней изоляцией, должен проводиться с учетом расчетных критериев, указанных в 23.2.1 части IV «Хранение груза». Объем и методы неразрушающего контроля подлежат согласованию с Регистром.

3.9.4 Для встроенных и мембранных грузовых емкостей специальные методы неразрушающего контроля сварных швов и критерии оценки подлежат согласованию с Регистром.

3.9.5 Неразрушающий контроль трубопроводов должен проводиться в соответствии с требованиями части VI «Системы и трубопроводы».

3.9.6 Сварные швы конструкций вторичного барьера подлежат неразрушающему контролю радиографическим методом в объеме, согласованном с Регистром.

Если наружная обшивка корпуса является частью вторичного барьера, все стыковые швы ширстрека и пересечения всех сварных стыковых швов и бортовой обшивки подлежат неразрушающему контролю радиографическим методом.

3.9.7 Все методы неразрушающего контроля и критерии оценки должны быть в соответствии с требованиями разд. 3 части XIV «Сварка» Правил классификации.

Вместо неразрушающего контроля радиографическим методом может производиться неразрушающий контроль ультразвуковым методом. При этом должен осуществляться выборочный контроль радиографическим методом для подтверждения эквивалентности осуществленной замены.

Изготовитель должен представить на рассмотрение в Регистр программу неразрушающего контроля и документацию системы качества предприятия, подтверждающую необходимый объем неразрушающего контроля изделий предприятия.

Результаты осуществленного контроля должны предоставляться в Регистр в соответствующем отчетном документе.

Российский морской регистр судоходства

**Правила классификации и постройки судов
для перевозки сжиженных газов наливом**

Часть IX

Материалы и сварка

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8
www.rs-class.org/ru/