



РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

ЦИРКУЛЯРНОЕ ПИСЬМО

№ 314-14-1911ц

от 22.03.2023

Касательно:

изменений к Правилам по грузоподъемным устройствам морских судов, 2023, НД № 2-020101-179

Объект(ы) наблюдения:

судовые грузоподъемные устройства

Дата вступления в силу:¹

01.05.2023

Отменяет/изменяет/дополняет циркулярное письмо №

от

Количество страниц: 1 + 25

Приложения:

Приложение 1: информация об изменениях, внесенных циркулярным письмом

Приложение 2: текст изменений к Правилам

И.о. генерального директора

С.А. Куликов

Текст ЦП:

Настоящим информируем, что в Правила по грузоподъемным устройствам морских судов вносятся изменения, приведенные в приложениях к настоящему циркулярному письму.

Необходимо выполнить следующее:

1. Довести содержание настоящего циркулярного письма до сведения инспекторского состава подразделений РС, заинтересованных организаций и лиц в регионе деятельности подразделений РС.
2. Применять положения настоящего циркулярного письма при рассмотрении и одобрении технической документации и техническом наблюдении за изготовлением судовых грузоподъемных устройств техническая документация на которые была представлена на рассмотрение 01.05.2023 или после этой даты.

Перечень измененных и/или дополненных пунктов/глав/разделов:

пункты 1.2.1, 1.6.2, 2.1.3, 2.3.1— 2.3.4, 3.1.1, 5.5.5 и 6.4.2.2

раздел 7

приложения II – IV

Исполнитель: С.О. Рудь,

314

+7 (812) 314-07-34

С.М. Кордонец

Система «Тезис» № 22-239366

¹ Служебные отметки для ГУР (*ненужное зачеркнуть*): ~~связано~~ / не связано с вступлением в силу обязательных международных / национальных требований / ~~требуется срочное внедрение~~ / ~~требуется отложенное внедрение~~.

**Информация об изменениях, внесенных циркулярным письмом
(для включения в Перечень изменений к соответствующему Изданию РС)**

№	Изменяемые пункты/главы/разделы	Информация по изменениям ¹	№ и дата циркулярного письма, которым внесены изменения	Дата вступления в силу
1	Пункт 1.2.1	* Введены новые определения по методике проверки выполнения условий прочности, основанных на методе предельных состояний	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
2	Пункт 1.6.2	* Введен новый пункт 1.6.2, определяющий область применения кранов из ПКМ	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
3	Пункт 2.1.3	* Введен новый пункт 2.1.3, содержащий требования к нормам расчета кранов из ПКМ	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
4	Глава 2.3	* Изменено название главы 2.3	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
5	Пункты 2.3.1 – 2.3.3	* Внесены изменения по методике проверки выполнения условий прочности, основанных на методе предельных состояний	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
6	Пункт 2.3.4	* Введен новый пункт 2.3.4 по методике проверки выполнения условий прочности, основанных на методе предельных состояний. Нумерация существующих пунктов 2.3.4 – 2.3.6 заменяется 2.3.5 – 2.3.17, соответственно	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
7	Пункт 3.1.1	* Пункт 3.1.1 дополнен ссылкой на новый раздел 7	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
8	Пункт 5.5.5	* Внесены изменения для уточнения типов постов управления	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
9	Пункт 6.4.2.2	* Внесены изменения для уточнения величины пробного груза	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
10	Раздел 7	* Введен новый раздел 7, содержащий требования к элементам судовых кранов из ПКМ	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023

¹ Символом «*» помечаются изменения существенного характера, требующие учета в Дайджете основных изменений к Правилам РС.

№	Изменяемые пункты/главы/разделы	Информация по изменениям ¹	№ и дата циркулярного письма, которым внесены изменения	Дата вступления в силу
11	Приложение I	Существующему Приложению присвоен номер I в связи с введением новых приложений II–IV	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023
12	Приложение II–IV	* Введены новые Приложения II–IV по методике проверки выполнения условий прочности, основанных на методе предельных состояний	314-14-1911ц от 22.03.2023	01.05.2023

ПРАВИЛА ПО ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ УСТРОЙСТВАМ МОРСКИХ СУДОВ, 2023,

НД № 2-020101-179

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

1 **Пункт 1.2.1** дополняется следующими определениями и рисунком 1.2.1-6. Номера рисунков 1 – 5 заменяются номерами 1.2.1-1 – 1.2.1-5, соответственно.

«Асимметричный цикл напряжений — цикл, у которого максимальное и минимальное напряжения имеют разные абсолютные значения.

Максимальное напряжение цикла σ_{max} — наибольшее по алгебраическому значению напряжение цикла.

Минимальное напряжение цикла σ_{min} — наименьшее по алгебраическому значению напряжение цикла.

Первая группа предельных состояний — состояния, при которых происходит исчерпание несущей способности (прочность, устойчивость или выносливость) сооружений при соответствующих комбинациях нагрузок, которые могут также сопровождаться разрушениями любого вида (вязкое, усталостное, хрупкое), образованием трещин и др.

Симметричный цикл напряжений — цикл, у которого максимальное и минимальное напряжения равны по абсолютному значению, но противоположны по знаку.

Трещиностойкость — сопротивление конструкции развитию трещин.

Цикл напряжений (деформаций) — совокупность последовательных значений напряжений (деформаций) за один период их изменения при регулярном нагружении.

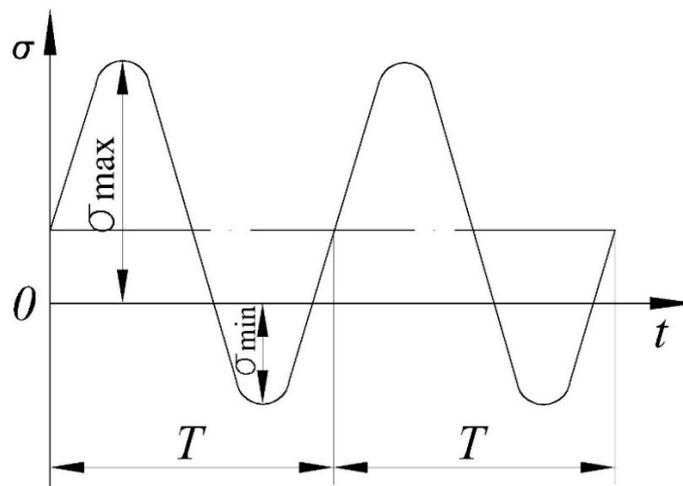


Рис. 1.2.1-6».

2 Вводится **новый пункт 1.6.2** следующего содержания:

«**1.6.2** Краны с SWL не более 2,8 т и вылетом стрелы не более 10 м в состав которых входят несущие напряженные элементы, изготавливаемые из полимерных композиционных материалов (ПКМ), должны соответствовать требованиям разд. 7 «Судовые краны из ПКМ».».

2 НОРМЫ РАСЧЕТА

3 Вводится **новый пункт 2.1.3** следующего содержания:

«**2.1.3** Требования к методам расчета, допускаемым напряжениям, запасам прочности и устойчивости к конструкциям кранов из ПКМ изложены в разд. 7 «Судовые краны из ПКМ».».

4 Название **главы 2.3** заменяется следующим текстом:

«2.3 ДОПУСКАЕМЫЕ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ЗАПАСЫ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ».

5 **Пункты 2.3.1–2.3.3** заменяются следующим текстом:

«2.3.1 Методы определения допускаемых и предельных напряжений.

2.3.1.1 При действии расчетных нагрузок напряжения в металлоконструкциях судовых грузоподъемных устройств не должны превышать допускаемых величин, определенных с помощью метода предельных состояний в соответствии с 2.3.2, 2.3.3 и 2.3.4 или, по согласованию с Регистром, методом допускаемых напряжений в соответствии с 2.3.1.2.

Метод расчета по допускаемым напряжениям рекомендуется применять только в случае линейной взаимосвязи между нагрузками и напряжениями в конструкции, а также для предварительных расчетов, т.к. конструкции, рассчитанные этим методом, часто оказываются обладающими излишними запасами прочности.

Метод предельных состояний может применяться для любых расчетных случаев.

2.3.1.2 При действии расчетных нагрузок напряжения в металлоконструкциях судовых грузоподъемных устройств не должны превышать допускаемых величин, приведенных в табл. 2.3.1.2.

Таблица 2.3.1.2

Грузоподъемность, т	Допускаемое напряжение в долях от предела текучести материала s/R_{eH}	Запас прочности R_{eH}/s	Коэффициент динамичности $c_H=0,7R_{eH}/s$	Максимальная скорость подъема или опускания груза, при которой расчетная проверка коэффициента динамичности c_H не обязательна, м/с
5 и менее	0,40	2,50	1,75	1,00
10	0,42	2,38	1,67	0,89
15	0,44	2,27	1,59	0,78
20	0,46	2,18	1,52	0,69
25	0,48	2,08	1,46	0,61
30	0,50	2,00	1,40	0,53
40	0,54	1,85	1,30	0,40
50	0,57	1,76	1,23	0,31
60	0,59	1,70	1,19	0,25
75 и более	0,60	1,67	1,17	0,22

Примечание. Промежуточные значения определяются интерполяцией.

Для мачт при одновременной работе нескольких легких одиночных стрел допускаемые напряжения могут быть приняты равными 0,5 предела текучести материала R_{eH} .

Для мачт, раскрепленных стоячим такелажем, допускаемые напряжения должны приниматься на 10 % меньше указанных выше.

Для грузоподъемных устройств с ручным приводом допускаемые напряжения могут быть приняты равными 0,6 предела текучести материала R_{eH} .

В величины допускаемых напряжений табл. 2.3.1.2 введены коэффициенты динамичности действия нагрузок, равные:

$$\psi_H = 0,7R_{eH}/\sigma; \quad (2.3.1.2-1)$$

где ψ_H — нормативный коэффициент динамичности, определяемый как отношение ожидаемого наибольшего динамического усилия к статическому усилию при действии расчетной нагрузки;
 R_{eH}/σ — запас прочности согласно табл. 2.3.1.2.

При максимальной скорости подъема или опускания груза, большей чем $1,33(\psi_H - 1)$, м/с, необходима расчетная проверка коэффициента динамичности, которая может производиться по формуле:

$$\psi = 1 + 0,318 \frac{v}{\sqrt{f_{cm}}} \quad (2.3.1.2-2)$$

где ψ — коэффициент динамичности, представляющий отношение динамического усилия к его статической величине;
 v — наибольшая скорость перемещения груза, м/с;
 f_{cm} — расчетное вертикальное смещение точки подвеса груза (включая изменение длины троса) при статическом действии усилия от веса груза, соответствующего грузоподъемности, м.

Если при этом вычисленный коэффициент динамичности ψ окажется больше ψ_H , то допускаемые напряжения, указанные в 2.3.1.2, должны быть умножены на отношение ψ_H/ψ ; если вычисленный коэффициент окажется равным или менее ψ_H , то эти напряжения принимаются равными приведенным в 2.3.1.2.

Расчет коэффициента динамичности можно производить другими методами при предоставлении обоснования использования данных методов.

2.3.1.3 Допускаемая рабочая нагрузка (SWL) тросов (стальных, растительных и синтетических) не должна быть больше гарантированной разрывной нагрузки F_{guar} , установленной при испытании образца (при указанных тросах), разделенной на коэффициент запаса прочности согласно табл. 2.3.7 и табл. 2.3.8.

2.3.2 Расчет конструкционной прочности.

2.3.2.1 Напряжения в металлоконструкциях от любых нагрузок для первой группы предельных состояний должны удовлетворять следующему требованию:

$$\sigma_{us} \leq \sigma_{ult} \quad (2.3.2.1-1)$$

где σ_{us} — расчетное напряжение. При его вычислении действующие нагрузки принимаются в соответствии с коэффициентом γ_{fi} , указанным в табл. 2.3.2.1-1;
 σ_{ult} — предельное напряжение в металлоконструкции, вычисляется по формуле:

$$\sigma_{ult} = \frac{\gamma_n \gamma_d R_n}{\gamma_m} \quad (2.3.2.1-2)$$

где σ_i - расчетное напряжение в металлоконструкции от i -го вида нагрузки;
 γ_n - коэффициент надёжности по назначению конструкции (см табл. 2.3.2.1-2);
 γ_d - коэффициент условий работы (см табл. 2.3.2.1-3);
 γ_m - коэффициент надёжности по материалу (см табл. 2.3.2.1-4);
 R_n - нормативное сопротивление, $R_n = R_{eH}$ где R_{eH} - предел текучести материала.

Коэффициент перегрузки γ_{fi} определяется для напряжений от конкретного вида нагружения (нагрузки от собственного веса, динамических нагрузок, ветровые нагрузки и т.д.) в соответствии с табл. 2.3.2.1-1.

Таблица 2.3.2.1-1

Значения коэффициентов перегрузки γ_{fi}

Виды нагрузок	Случаи нагрузок ¹			
	I нормальные нагрузки рабочего состояния	II максимальные нагрузки рабочего состояния		III максимальная нагрузка нерабочего состояния
	Комбинации нагрузок			
	–	IIa	IIb	–
Собственный вес конструкции (учитывая крен и дифферент судна)	1,22	1,16	1,16	1,22
Вес груза и съемного снаряжения (учитывая крен и дифферент судна)	1,34	1,22	1,22	–
Горизонтальные силы инерции масс крана от разгона и торможения механизмов	1,34	–	1,22	–
Вертикальные силы инерции от подъема и опускания груза	1,34	1,22	1,22	–
Горизонтальные силы инерции от качки на волнении	1,22	1,16	1,16	1,22
Вертикальные силы инерции от качки на волнении	1,22	1,16	1,16	1,22
Давление ветра на конструкцию	1,0	1,22	1,22	1,1

¹Виды и случаи нагрузок определяются в соответствии с 6.2.1 и 6.2.2 настоящих Правил

Таблица 2.3.2.1-2

Коэффициент надежности по назначению конструкции γ_n

Основное условие расчета	Последствия повреждения	
	значительные	незначительные
Прочность (ограничение пластических деформаций)	0,95	1,0
Устойчивость	0,90	0,95
Сопrotивление усталости	0,95	1,0
Трещиностойкость	0,85	0,95

Таблица 2.3.2.1-3

Значения коэффициента условий работы γ_d

Степень достоверности расчетной схемы	Напряженное состояние	
	Простое ¹	Сложное ²
Удовлетворительная ³	0,90	0,80
Неудовлетворительная ⁴	0,80	0,70

¹Простое напряженное состояние балок, балочных конструкций и ферм, если их элементы имеют длину не менее чем в пять раз больше размеров поперечного сечения.

²Сложное напряженное состояние, если элементы и узлы состоят из коротких и широких балок малой высоты (например, оголовки четырех- стоечных порталов), имеющих сложную конфигурацию, представляющих собой оболочки или соединения балок или стержней.

³Удовлетворительной считается достоверность моделирования нагруженности балок, рам и ферм, воспринимающих весовые, инерционные, ветровые нагрузки.

⁴Неудовлетворительной - моделирование нагруженности элементов, загруженных в основном перекосом, непосредственно воспринимающих местные подвижные нагрузки, опорных элементов подвижных конструкций при статически неопределимой схеме опирания, стержней, подверженных существенному местному изгибу, и т. п.

Значения коэффициентов надежности по материалу γ_m

Государственный стандарт или технические условия на прокат и трубы	Коэффициент надежности по материалу γ_m
ГОСТ 27772 (кроме сталей С590 и С590К) и другая нормативная документация, использующая процедуру контроля свойств проката по ГОСТ 27772	1,025
Для проката с пределом текучести свыше 380 Н/мм ² по ГОСТ 19281, для труб по ГОСТ 8731	1,100
Для остального проката и труб, соответствующих требованиям настоящих норм	1,050
Для проката и труб, поставляемых по зарубежной нормативной документации	1,100
Стальные канаты	1,600

2.3.2.2 Напряжения в сварных соединениях.**2.3.2.2.1** Стыковые соединения.

Расчетные напряжения по металлу стыкового шва σ_{us}^W должны удовлетворять следующему требованию:

при условии, что шов на 100 % подвергается неразрушающему контролю:

$$\sigma_{us}^W \leq \sigma_{ult}; \quad (2.3.2.2.1-1)$$

в остальных случаях

$$\sigma_{us}^W \leq 0,85 \sigma_{ult} \quad (2.3.2.2.1-2)$$

где σ_{ult} — предельное напряжение в металлоконструкции (определяется по формуле 2.3.2.1-2).

2.3.2.2.2 Тавровые и нахлесточные соединения.

Расчет ведется по касательным напряжениям.

Расчетные касательные напряжения по металлу шва τ_{us}^W должны удовлетворять следующему требованию:

$$\tau_{us}^W \leq \tau_{ult}^W; \quad (2.3.2.2.2-1)$$

где τ_{us}^W — предельное касательное напряжение по металлу шва вычисляется по формуле:

$$\tau_{us}^W = \frac{\gamma_n \gamma_{Wd} R_{Wn}}{\gamma_{Wm}}; \quad (2.3.2.2.2-2)$$

где γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции (см табл. 2.3.2.1-2);
 γ_{Wd} — коэффициент условий работы (см табл. 2.3.2.2.2-1);
 γ_{Wm} — коэффициент надежности по металлу шва (при $R_{Wn} \leq 490$ МПа $\gamma_{Wm}=1,25$, при $R_{Wn} \geq 590$ МПа $\gamma_{Wm}=1,35$);
 R_{Wn} — нормативное сопротивление металла шва по временному сопротивлению $R_{Wn} = 0,55 \cdot R_m$, где R_m — временное сопротивление металла шва, МПа.

Расчетные касательные напряжения по металлу границы сплавления $\tau_{us}^{г.с}$ должны удовлетворять следующему требованию:

$$\tau_{us}^{г.с} \leq \tau_{ult}^{г.с} \quad (2.3.2.2.2-3)$$

где $\tau_{us}^{г.с}$ — предельное касательное напряжение по металлу границы сплавления вычисляется по формуле:

$$\tau_{us}^{г.с} = \frac{\gamma_n \gamma_{Wd} R_{Wn}}{\gamma_{Wm}} \quad (2.3.2.2.2-4)$$

где γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции (см табл. 2.3.2.1-2);
 γ_{wd} — коэффициент условий работы (см табл. 2.3.2.2-1);
 $\gamma_{wm} 1,0$ — коэффициент надежности по металлу шва;
 R_{wn} — нормативное сопротивление металла шва по временному сопротивлению $R_{wn} = 0,45 \cdot R_m$,
где R_m — временное сопротивление материала шва, МПа.

Таблица 2.3.2.2-1

Значения коэффициента условий работы конструкции γ_{wd}

Вид соединения	γ_{wd}
присоединение балок к фланцам ¹	0,7 ÷ 0,8
соединение кронштейна со стенкой балки, подкрепленной диафрагмой	0,65 ÷ 0,7
нахлесточные соединения ²	0,8 ÷ 0,9

¹меньшие значения — для тонких фланцев без ребер;
²меньшие значения для соединения с фланговыми швами большой длины, большие значения для комбинированных соединений с лобовыми и фланговыми швами меньшей длины

2.3.2.3 Напряжения в болтовых и заклепочных соединениях.

2.3.2.3.1 Фланцевые соединения с высокопрочными болтами.

Расчет применим для болтовых соединений с установленным моментом затяжки.

Напряжения в самом нагруженном болту от любых нагрузок для первой группы предельных состояний должны удовлетворять следующему требованию:

$$\sigma_b \leq \frac{u\mu\gamma_n\gamma_{bd}R_{bn}}{\gamma_{bm}} \quad (2.3.2.3-1)$$

где u — число поверхностей трения или среза;
 μ — коэффициент трения (см. табл. 2.3.2.4-1)
 γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции (см. табл. 2.3.2.1-2);
 γ_{bd} — коэффициент условий работы, см. табл. 2.3.2.3-2;
 $\gamma_{bm} = 1,4$ — коэффициент надёжности по материалу болта;
 $R_{bn} = 0,7 \cdot R_m$ — нормативное сопротивление высокопрочного болта, где R_m — временное сопротивление материала болта разрыву.

Таблица 2.3.2.3-1

Коэффициент трения μ

Вид способа очистки поверхности трения	μ
Дробеструйная	0,58
Газопламенная	0,42
Стальными щетками	0,35
Без обработки	0,25

Таблица 2.3.2.3-2

Коэффициент γ_{bd}

При специальной очистке или консервации стягиваемых поверхностей	0,8 ÷ 0,85
Без обработки поверхностей (меньшие значения для соединений с количеством болтов менее 10)	0,7 ÷ 0,8

2.3.2.3.2 Соединения с продольным стыком.

Соединения с продольным стыком предназначены для передачи всех видов нагрузок, действующих в плоскости стыка.

Болты, устанавливаемые в отверстие по посадке и заклепки, рассчитываются на срез болта (заклепки) и смятия боковых контактных поверхностей.

Расчетные напряжения по условию среза

$$\tau_b \leq \frac{u\gamma_n\gamma_{bd}R_{bs}}{\gamma_{bm}} \quad (2.3.2.3-2)$$

где коэффициенты u , γ_n имеют те же значения, что и в формуле (2.3.2.3-1); $\gamma_{bd} = 1,0$; $\gamma_{bm} = 1,2$; $R_{bs} = 0,4 \cdot R_m$;
 R_m — временное сопротивление материала болта (заклепки) разрыву.

Расчетные напряжения по условию смятия соединяемых листов

$$\tau_b \leq \frac{u\gamma_n\gamma_{bd}R_{bp}}{\gamma_{bm}} \quad (2.3.2.3-3)$$

где коэффициент γ_n имеет те же значения, что и в формуле (2.3.2.3-1);
 $\gamma_{bd} = 1,0$; $\gamma_{bm} = 1,2$; $R_{bp} = k_p \cdot R_{eH}$; $k_p = 1,0$ при соединении одной поверхности среза;
 $k_p = 1,4$ при соединении нескольких поверхностей;
 R_{eH} — предел текучести металла соединяемых листов.

2.3.2.4 При определении предельных напряжений для металлоконструкций в качестве нормативного сопротивления (расчётного предела текучести) должна приниматься его величина, гарантированная стандартом или техническими условиями; однако во всех случаях нормативное сопротивление должно приниматься не более чем 0,70 наименьшего предела прочности (временного сопротивления), гарантированного стандартом или техническими условиями.

2.3.3 Подтверждение устойчивости элементов конструкции.

2.3.3.1 Проверка на общую устойчивость

Для обеспечения общей устойчивости элементов конструкции напряжения в металлоконструкциях от любых нагрузок для первой группы предельных состояний:

$$\sigma_{us} \leq \sigma_{ult} = \phi \frac{\gamma_n \gamma_d R_n}{\gamma_m} \quad (2.3.3.1-1)$$

где γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции (см табл. 2.3.2.1-2);
 $\gamma_d = 0,8 \div 0,95$ — коэффициент условий работы;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (см. табл. 2.3.2.1-4);
 R_n — нормативное сопротивление элемента конструкции равное пределу текучести $R_n = R_{eH}$;
 ϕ — коэффициент устойчивости, вычисляется по формуле:

Коэффициент устойчивости:

$$\phi = \frac{0,5 \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,5 \bar{\lambda}^2} \right)}{\bar{\lambda}^2} \leq 1 \text{ при } \bar{\lambda} \leq 5 \quad (2.3.3.1-2)$$

$$\phi = \frac{7,6}{\bar{\lambda}^2} \text{ при } \bar{\lambda} \geq 5 \quad (2.3.3.1-3)$$

где $\delta = 10 \cdot (0,96 + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$ — поправочный коэффициент;
 $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_{eH}}{E}}$ — условная гибкость стального элемента;
 $\beta = 0,9$ — для стержней замкнутого сечения и симметричного незамкнутого (тавры, двутавры, трубы);
 $\beta = 0,14$ — для стержней несимметричного сечения из одиночных и сдвоенных прокатных профилей (швеллеров, уголков);
 λ — предельная гибкость стального элемента (см. табл. 2.3.3.1-2);
 E — модуль Юнга.

Предельная гибкость стальных элементов λ

Элементы металлоконструкций	Гибкость элементов	
	Сжатых	Растянутых
Пояса главных ферм	120	150
Одностержневые конструкции стрел, колонн и мачт	150	180
Остальные стержни главных ферм и пояса вспомогательных ферм	150	250
Все прочие стержни	250	350

2.3.3.2 Проверка на местную устойчивость.

Проверке на местную устойчивость подлежат тонкостенные элементы сжатых стержней и сжатые вертикальные стенки, и сжатые пояса балок, работающих на поперечный изгиб. Такие элементы представляют собой панели, в основном загруженные усилиями, действующими в срединной плоскости.

Условие местной устойчивости i -й панели, находящейся в сложных условиях нагружения нормальными напряжениями от изгиба, сжатия и касательными напряжениями от среза должны удовлетворять следующему требованию:

$$\left(\frac{\gamma_d \sigma_i}{\gamma_m \sigma_{ci}} + \frac{\gamma_d \sigma_z}{\gamma_m \sigma_{zci}} \right)^{q_i} + \left(\frac{\gamma_d \tau}{\gamma_m \tau_{zci}} \right)^2 \leq 1 \quad (2.3.3.2)$$

где σ_i — максимальное значение продольных нормальных (сжимающих) напряжений σ в пределах i -й панели;

σ_{ci} — критическое напряжение для i -й панели, загруженной только продольными нормальными напряжениями σ (см. приложение Е1, ГОСТ 33169-2014);

σ_z — расчетное значение продольных нормальных (сжимающих) напряжений;

σ_{zci} — критическое напряжение для i -й панели, загруженной только поперечными нормальными напряжениями σ_z (см. приложение Е3, ГОСТ 33169-2014);

τ — расчетное значение продольных касательных напряжений τ в пределах i -й панели;

τ_{zci} — критическое напряжение для i -й панели, загруженной только продольными касательными напряжениями τ (см. приложение Е2, ГОСТ 33169-2014)

γ_d — коэффициент условий работы, $\gamma_d = 0,85 \div 0,95$;

γ_m — коэффициент надежности по материалу (см. табл. 2.3.2.1-4);

q_i — показатель степени для i -й панели, находится по формуле:

$$q_i = 0,8 + 0,15\gamma_i^3;$$

где γ — параметр нагружения (см. рис. 2.3.3.2-2)

$$\gamma_i = 1 - \sigma_2/\sigma_1;$$

где σ_1 и σ_2 — нормальные напряжения в верхней и нижней частях i -й панели, соответственно.

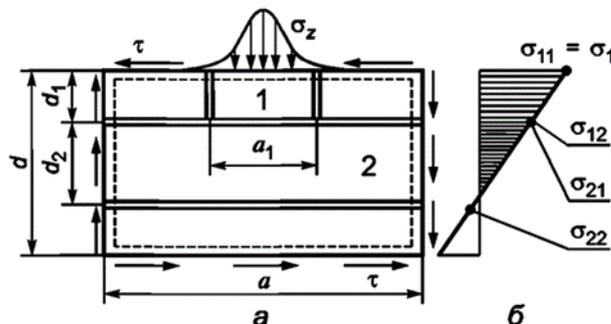


Рис. 2.3.3.2-1

Схема и геометрические параметры пластины с ребрами:

a — схема пластины с ребрами; b — эпюра распределения нормальных напряжений σ (σ_{11} и σ_{12} — расчетные напряжения для панели 1; σ_{21} и σ_{22} — расчетные напряжения для панели 2)

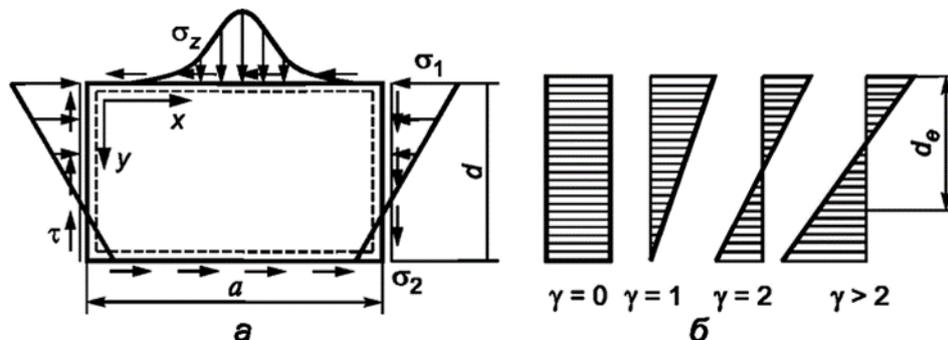


Рис. 2.3.3.2-2

а - общий случай нагружения пластины; б— эпюры распределения нормальных напряжений σ .

6 Вводится следующий **новый пункт 2.3.4**. Нумерация существующих пунктов 2.3.4 – 2.3.6 заменяется 2.3.5 – 2.3.7, соответственно.

«2.3.4 Подтверждение усталостной прочности элементов конструкции грузоподъемных устройств.

2.3.4.1 Metalloконструкции грузоподъемных устройств должны быть проверены на усталостную прочность.

2.3.4.2 Расчет на усталостную прочность необходимо проводить в соответствии с требованиями настоящего раздела.

2.3.4.3 Расчет на усталостную прочность является проверочным и выполняется по узлам, расположенным в наиболее нагруженных основных сечениях. На основе анализа проектируемой грузоподъемной машины выбираются сечения, в которых действуют высокие, изменяющиеся по времени нагрузки. В этих сечениях выбираются узлы с высокой концентрацией напряжений, подверженных высоким растягивающим нагрузкам (места приварки ребер, накладок, узлов с угловыми швами и пр.).

2.3.4.4 Узлы металлических конструкций при проведении расчета разделяются на группы с примерно одинаковыми значениями концентраторов напряжений (см. табл. 2.3.4.4). Примеры узлов металлических конструкций с указанием номеров групп, к которым они отнесены по уровню предела выносливости, приведены в приложении 1. Узлы и элементы группы 1–3 не содержат сварных соединений, в группах 4–10 узлы со сварными соединениями.

Таблица 2.3.4.4

Значения базовых пределов выносливости (МПа)

Значение σ_{-1K} , МПа	Группа узлов (см. приложение 1)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_{-1K} \leq 420$	130	105	90	75	63	52	43	36	30	25
$420 < \sigma_{-1K} \leq 540$	150	130	105							
$540 < \sigma_{-1K} \leq 700$	185	150	105							
$\sigma_{-1K} > 700$	225	185	130							

2.3.4.5 Рекомендуется в первую очередь выполнить расчет на неограниченную выносливость (на базе количества циклов нагружения $N_0=2 \cdot 10^6$). Если расчет показывает отрицательный результат, то повторить расчет на ограниченную выносливость (для заданного количества циклов нагружения N).

Целью расчета усталостной прочности является определение предельного напряжения σ_{ult} для рассчитываемого соединения.

2.3.4.6 Предельное напряжение при расчете на сопротивление усталости определяется по формуле:

$$\sigma_{us} \leq \sigma_{ult};$$

$$\sigma_{ult} = \frac{\gamma_n \gamma_d \sigma_{-1K}^m \sqrt{N_0}}{\gamma_m \sqrt{z_e}} \quad (2.3.4.6-1)$$

где γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента (см. табл. 2.3.2.1-2);
 γ_d — коэффициент условий работы учитывает неточность моделирования процессов нагружения и накопления циклического повреждения, $\gamma_d = 0,75 + 0,85$;

γ_m — коэффициент надежности по материалу (см. табл. 2.3.2.1-4);
 σ_{-1K} — предел выносливости расчетного узла при симметричном цикле нагружения на базе $N_0 = 2 \cdot 10^6$ циклов, вычисляется по формуле:

$$\sigma_{-1K} = k_t \sigma_{-1KB}, \quad (2.3.4.6-2)$$

где $k_t = \left(\frac{t_0}{t}\right)^{0,2}$ — коэффициент влияния толщины основного элемента сварного узла;
 σ_{-1KB} — базовый предел выносливости, табл. 2.3.4.4;
 z_e — база циклов при расчете на ограниченный предел выносливости;
 m — показатель степени кривой усталости, $m = \frac{3,3}{\lg \sigma_B - \lg \sigma_{-1K}}$;

2.3.4.7 Предельное напряжение при расчете на сопротивление усталости при несимметричном цикле нагружения.

$$\sigma_{ult} = \frac{\gamma_n \gamma_d \sigma_{RK}}{\gamma_m} m \sqrt{\frac{N_0}{z_e}} \quad (2.3.4.6-3)$$

$$\sigma_{RK} = \frac{2\sigma_{-1K}}{(1-R)+(1+R)\psi_K} \quad (2.3.4.6-4)$$

где при $\sigma_{RK} > R_{eH}$; в расчет принимается значение $\sigma_{RK} = R_{eH}$. $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$, коэффициент асимметрии цикла (σ_{max} и σ_{min} — максимальное и минимальное напряжения цикла нагружения);
 ψ_K — коэффициент чувствительности металла к асимметрии цикла, вычисляется по формуле:

$$\psi_K = 0,57\sigma_{-1K}/R_m \quad (2.3.4.6-5)$$

где R_m — временное сопротивление материала, МПа;
 σ_{-1KB} — базовый предел выносливости аналогичного соединения толщиной $t_0=20$ мм. (см. табл. 2.3.4.4);
 t — толщина того элемента узла, по которому происходит усталостное разрушение, мм.

2.3.4.7 Предельное напряжение на базе ограниченного числа циклов нагружения N определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{ult} = \frac{\gamma_n \gamma_d \sigma_{RKN}}{\gamma_m} \quad (2.3.4.6-6)$$

где γ_n — коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента (см. табл. 2.3.2.1-2);
 γ_d — коэффициент условий работы при сложном напряженном состоянии (см. табл. 2.3.2.1-3);
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (см. табл. 2.3.2.1-4);
 σ_{RKN} — предел выносливости при заданном количестве циклов N , вычисляется по формуле:

$$\sigma_{RKN} = \sigma_{RK} \sqrt[m_R]{N_0/N} \quad (2.3.4.6-7)$$

где m_R — показатель степени кривой усталости, определяется по формуле:

$$m_R = \frac{3,3}{\lg \sigma_B - \lg \sigma_{RK}}$$

где σ_{RK} — предел выносливости при $N_0=2 \cdot 10^6$, МПа (см. формулу 2.3.4.6-4);
 $\sigma_B = R_m$ — временное сопротивление материала.».

3 МАТЕРИАЛЫ И СВАРКА

7 **Пункт 3.1.1** заменяется следующим текстом:

«3.1.1 Материалы, применяемые для изготовления несущих напряженных элементов металлических конструкций, деталей и механизмов грузоподъемных устройств, а также термическая обработка поковок и отливок в части, не регламентированной специальными требованиями настоящих Правил, должны удовлетворять применимым требованиям части XIII «Материалы» Правил классификации.

К материалам для несущих напряженных элементов грузоподъемных устройств морских стационарных платформ, плавучих буровых установок, а также судов, предназначенных для эксплуатации в холодных климатических условиях, должны применяться дополнительные

требования части XII «Материалы» Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок или Правил классификации, постройки и оборудования морских стационарных платформ соответственно.

Если подтверждено соответствие стали требованиям, изложенным в настоящем разделе, допускается применять сталь, изготовленную по национальным или международным стандартам, а также стандартам предприятий (организаций), указанных в одобренной Регистром технической документации на материалы и изделия и согласованные Регистром согласно требованиям части II «Техническая документация» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.

Допускается изготовление несущих напряженных элементов судовых кранов из ПКМ. При этом должны выполняться требования изложенные в разд. 7 «Судовые краны из ПКМ» с учетом класса и режима эксплуатации.».

5 СУДОВЫЕ КРАНЫ И ПОДЪЕМНИКИ

8 **Пункт 5.5.5** заменяется следующим текстом:

«5.5.5 Грузоподъемные устройства с кабиной управления или с дистанционным управлением должны быть оборудованы пневматическим/электрическим звуковым предупредительным устройством, приведение в действие которого оператором должно быть возможно в любое время. Звуковой предупредительный сигнал должен быть хорошо слышен и должен четко отличаться от других звуковых сигналов и рабочего шума.».

6 ВЕРХНИЕ СТРОЕНИЯ ПЛАВУЧИХ КРАНОВ И КРАНОВЫХ СУДОВ. КРАНЫ НА ПЛАВУЧИХ ДОКАХ

6.4 ИСПЫТАНИЯ

9 **Пункт 6.4.2.2** заменяется следующим текстом:

«2 пробным грузом, масса которого должна быть не менее величины, определенной в табл. 10.3.4 в объеме, соответствующем 10.3.4.».

10 Вводится **новый раздел 7** следующего содержания с изменением нумерации последующих разделов:

«7 СУДОВЫЕ КРАНЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПКМ)

7.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

7.1.1 Требования настоящего раздела распространяются на краны, указанные в 1.6.2.

7.1.2 Краны в состав которых входят несущие напряженные элементы, изготавливаемые из ПКМ, должны проектироваться:

при применении ПКМ на основе углеродных волокон — на эксплуатационные режимы работы не выше класса U_3 (по классификации ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207);

при применении ПКМ на основе стеклянных волокон - на эксплуатационные режимы работы не выше класса U_1 (по классификации ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207).

7.1.3 Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии настоящих Правил, приведены в 1.2 «Определения и пояснения». Для целей настоящего раздела применяется также терминология 1.2.2 части XVI «Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов» Правил классификации с учетом следующего:

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) — материалы конструкционного назначения, состоящий из армирующих волокон, полимерного связующего (матрицы) и образующийся непосредственно при изготовлении элементов ГПУ.

Метод вакуумной инфузии — метод, относящейся к методам закрытого формования, заключающийся в том, что пропитка армирующего материала связующим производится за счет создания вакуума в герметичной полости, образуемой формой, в которую укладывается сухой армирующий материал, и герметичной пленкой, плотно прилегающей к форме;

Технология роботизированной пространственно-стержневой намотки (РПН) — технология намотки непрерывными ровингами, реализующая ферменную конструкцию из ПКМ с помощью промышленных роботов-манипуляторов с встроенной системой пропитки армирующего материала.

7.2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

7.2.1 В дополнение к положениям 1.4 Техническая документация должна содержать: программу образцов испытаний образцов применяемых ПКМ; перечень допустимых технологических дефектов и эксплуатационных повреждений; протоколы испытаний элементарных образцов ПКМ; результаты исследований и испытаний (в случае применения ПКМ иных чем из угле- и стеклопластика на основе эпоксидных связующих, см. 6.11.2.2 части XVI «Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов» Правил классификации); технологическая инструкция изготовления ПКМ.

7.3 ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ ПРОЧНОСТИ КРАНОВ ИЗ ПКМ

7.3.1 При вычислении действующих напряжений в конструкции кранов из ПКМ необходимо в качестве основного метода расчета использовать метод конечных элементов (МКЭ).

7.3.2 Внешние эксплуатационные нагрузки на кран определяются в соответствии с 2.2 «Расчетные нагрузки и напряжения» с учетом принятых коэффициентов динамичности.

7.3.3 При формировании расчетных комбинаций нагрузок необходимо руководствоваться ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207 в соответствии с типом крана и режимами работы.

7.3.4 Подтверждением работоспособности, долговечности и надежности проектируемой конструкции крана из ПКМ является расчетное обоснование прочности и устойчивости конструкции с учетом влияния циклического характера воздействий в соответствии с режимами работы крана согласно ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207.

7.3.5 При оценке прочности конструкции из ПКМ, следует применять критерий оценки прочности по допускаемым напряжениям. Допускаемые напряжения следует определять следующим образом:

$$[\sigma]_{\text{perm}} = \sigma_{\text{ult}}/K_{\text{comp}} \quad (7.3.5)$$

где σ_{ult} — предел прочности ПКМ при исследуемом характере нагружения (растяжении, сжатии, сдвиге и т.д.);

K_{comp} — комплексный коэффициент безопасности для ПКМ, учитывающий ожидаемое влияние эксплуатационных факторов в течении всего срока службы крана.

7.3.6 При расчетах элементов конструкции на устойчивость коэффициент K_{comp} используется как коэффициент запаса по отношению к критическим эйлеровым усилиям или напряжениям.

7.3.7 Коэффициент K_{comp} необходимо определять следующим образом:

$$K_{\text{comp}} = K_f \cdot \gamma_n \cdot (\gamma_f / 1.1) \quad (7.3.7)$$

где K_f — коэффициент влияния внешних воздействий на физико-механические свойства ПКМ с учетом циклических воздействий на всем сроке эксплуатации (см. 7.3.8);

- γ_n – коэффициент ответственности крана и анализируемого элемента конструкции согласно ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207;
- γ_f – коэффициент надежности по ИСО 8686-1:2012/ГОСТ 32579.1-207, учитывающий все возможные отклонения нагрузок по анализируемой комбинации нагрузок.

7.3.8 Значения коэффициента K_f для пластинчатых и стержневых элементов конструкции приведены в табл. 7.3.8.

Таблица 7.3.8

Значение коэффициента влияния внешних воздействий

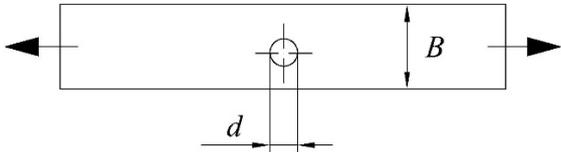
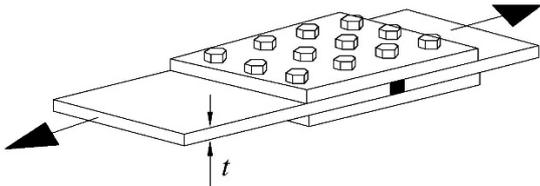
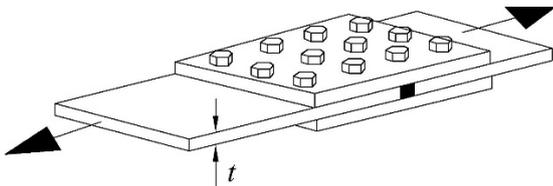
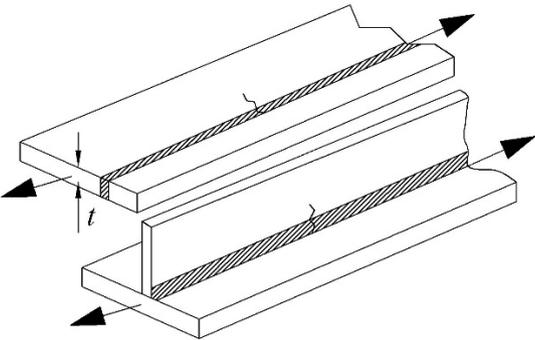
Комплексный коэффициент влияния внешних воздействий	Пластинчатые элементы		Стержневые элементы
	Углепластик	Стеклопластик	Углеровинг
K_f	1,6	2,2	1,3

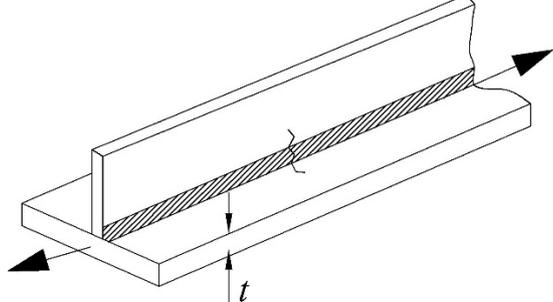
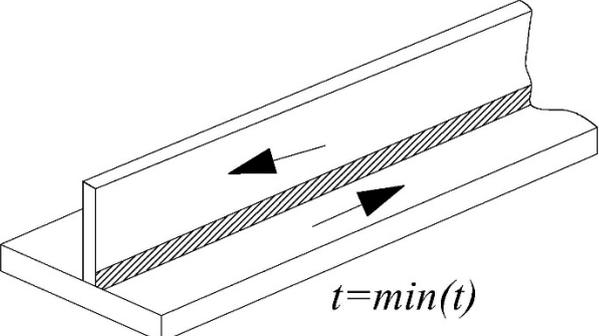
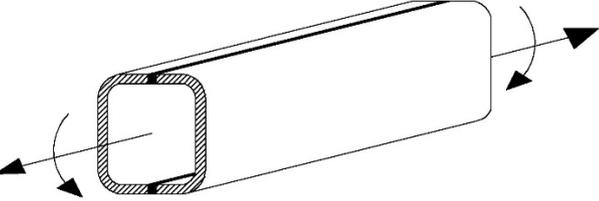
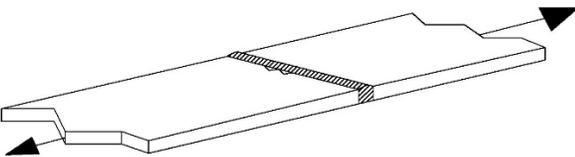
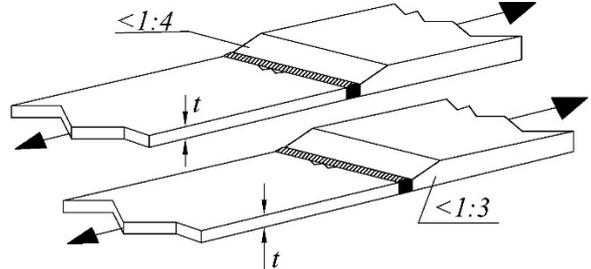
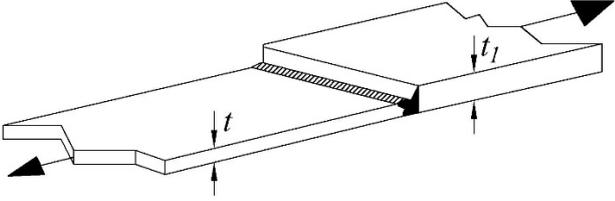
».

11 **Существующему Приложению** присваивается номер «I».

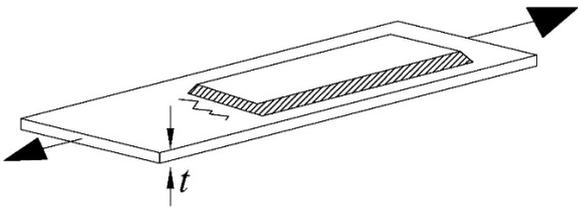
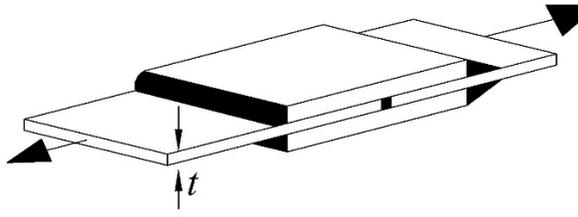
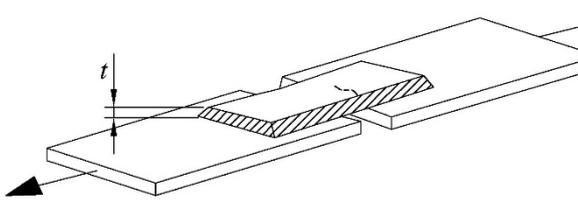
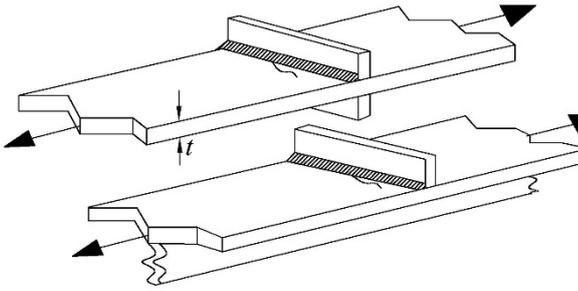
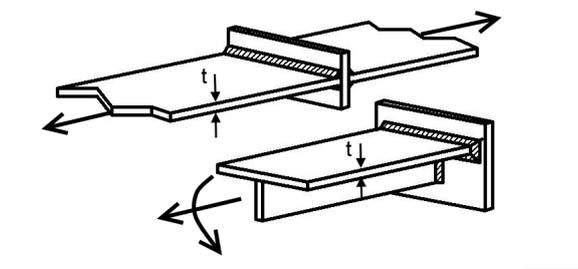
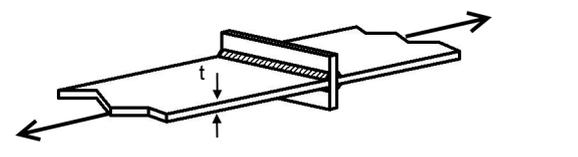
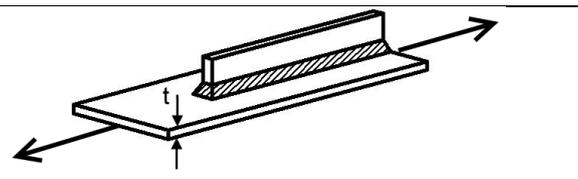
12 Вводятся три **новых приложения** следующего содержания:

КЛАССИФИКАЦИЯ УЗЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПО УРОВНЯМ ПРЕДЕЛОВ ВЫНОСЛИВОСТИ

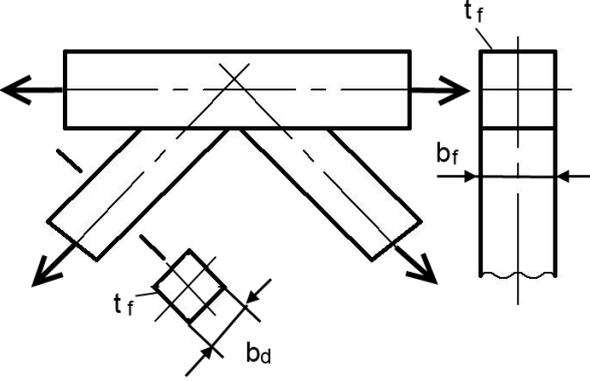
1		Кромка прокатного листа после газовой резки (QN-машинная газовая и плазменная резка)	QL	5
			QN	4
			QH	3
2		Кромка прокатного листа, обрезанная ножницами или гильотиной	-	5
3		Высверленное отверстие. Напряжения по сечению нетто	-	4
4		Болтовое соединение на высоко прочных болтах	-	5
5		Болтовое соединение на болтах, работающих на срез	-	7
6		Продольное стыковое соединение или тавровое с разделкой кромок (QN-автоматическая сварка)	QL	4
			QN	3
			QH	2

7		Продольное соединение листов угловыми швами без разделки кромок	-	4
8	 <p>$t = \min(t)$</p>	То же при разрушении по угловому шву (τ_{-1K})	-	7
9		Продольное соединение гнутых профилей стыковыми швами без разделки кромок	QL	6
			QN	5
			QH	4
10		Стыковое соединение листов одинаковой толщины и ширины	QL	5
			QN	4
			QH	3
11		Стыковое соединение листов на подкладке	-	6
12		Стыковое соединение листов разной толщины со скосом	QL	6
			QN	5
			QH	4
13		Стыковое соединение листов разной толщины без скоса при $t_1/t \leq 1,2$	-	7

14		Стыковое соединение листов разной ширины	QL	8
15		Стыковое соединение, пересекаемое продольным стыковым или угловым швом	QL	6
			QN	5
			QH	4
16		Стыковое соединение элементов из фасонного проката	QL	6
			QN	5
			QH	4
17		Стыковое соединение прямоугольных замкнутых профилей	QN	7
18		Стыковое соединение труб на подкладном кольце (а), стык с обкаткой крайков (б)	QL	7
			QN	6
19		Стыковое соединение труб с помощью муфты (сплошной или из двух половин)	QL	7
			QN	6
			QH	5
20		Присоединение трубы к поковке	Вариант а	8
			Вариант б	7

21		Накладка, приваренная лобовыми швами	QL	8
			QN	7
			QH	6
22		Нахлесточное соединение лобовыми швами или комбинированными швами (лобовой+фланговый)	QL	8
			QN	7
			QH	6
23		Нахлесточное соединение листов фланговыми швами	QL	10
			QN	9
24		Поперечное ребро	QL	7
			QN	6
			QH	4
25		Тавровое соединение, двухстороннее с проплавлением корня. Разрушение по основному металлу.	QL	8
			QN	7
			QH	6
26		Тавровое соединение, двухстороннее без разделки кромок. Разрушение по основному металлу. Разрушение по шву (τ_{-1K})	-	9
			-	7
27		Окончание продольного ребра с обваркой торца.	QL	8
			QN	7

28		Косынка, приваренная к кромке нагруженной полосы.	QL	8
29		Приварка стержня к листу при $d/t \leq 2$.	-	7
30		Стержень, сваренный в отверстие в стенке.	QL	7
			QN	6
			QH	5
		То же при разрушении по угловому шву (τ_{-1K}).	-	7
31		Присоединение фасонных профилей к косынке фланговыми или комбинированными швами.	QL	10
			QN	9
32		Присоединение трубы с прямым обрезом к косынке. Разрушение по трубе.	-	10
33		Присоединение окупленной трубы к косынке. Разрушение по трубе.	-	9
34		Присоединение косынки к трубе. Разрушение по трубе.	-	9
35		Пояс трубчатой фермы при $d_d/d_f = 0,6 \div 1$; d – диаметр, t – толщина, индекс f – пояс, индекс d – раскос.	$t_f/t_d = 1$	10
			$t_f/t_d \geq 2$	8

36		Пояс трубчатой фермы при $b_a/b_f = 0,6 \div 1$	$t_f/t_a \geq 2$	10
----	---	---	------------------	----

Первая категория (QL) — сварные узлы пониженного качества. К этой категории относятся узлы соответствующие установленным требованиям, т. е. выполненные качественными сварочными материалами, без недопустимых дефектов, с выходом стыковых швов на выводные планки, однако имеющие предельно допустимую выпуклую форму сварных швов, с подрезами и смещениями кромок допустимой величины, сваренные без зачистки поверхности проката от окалины в зоне наложения шва. Контроль качества этих соединений производится путем визуального осмотра.

Вторая категория (QN) — качественные сварные узлы. В эту группу входят сварные узлы с мелкочешуйчатой поверхностью сварных швов, имеющих слабо выпуклую, прямую или вогнутую (для угловых швов) форму, без подрезов и смещений кромок. Окончания продольных угловых швов (например, окончание продольного ребра) выполнены с обваркой вокруг торца привариваемого элемента без отрыва электрода. Сварные швы наложены на зачищенную от окалины поверхность проката, отсутствие внутренних дефектов подтверждено дефектоскопическим контролем или путем регулярного тестирования технологии сварки.

Третья категория (QH) — высококачественные сварные узлы. В эту группу входят сварные узлы, удовлетворяющие требованиям категории (№, после сварки подвергнутые дополнительной технологической обработке, направленной на повышение сопротивления усталости, например, механической, поверхностно-пластической или аргоно-дуговой).

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ПО КРИТЕРИЮ РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН
ДО КРИТИЧЕСКОГО РАЗМЕРА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ
(ДАЛЕЕ – ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ)**

1 Настоящая методика предназначена для оценки и обеспечения запаса трещиностойкости стальных металлоконструкций подъемного оборудования при эксплуатационном нагружении на стадии проектирования, а также при проведении диагностики эксплуатируемого оборудования.

2 Применение методики ограничивается элементами конструкций простых сечений: полоса, уголок, швеллер при условии, что трещина не выходит за пределы одного элемента пояса или стенки, а также при ограничении отношения $\alpha = a/B$ (a - длина трещины, B – ширина элемента (см. рис. 6.1). Для элементов конструкций, имеющих более сложные сечения, необходимо использовать численные методы решения (нахождения K -тарировки).

3 Допускается проводить оценку элементов конструкций, имеющих более сложные сечения: балок коробчатого или двутаврового сечения, при условии, что трещина не выходит за пределы одного элемента (пояса или стенки шириной B) и размер ее не превышает отношения $\alpha = a/B < 0,1$.

4 Оценка трещиностойкости выполняется по узлам, расположенным в наиболее нагруженных основных сечениях.

5 Оценка трещиностойкости включает в себя определение критического размера (длины) трещины a_c и запаса трещиностойкости при циклическом нагружении, выраженном в количестве циклов нагружения Z_a до достижения трещиной критического размера.

6 Определение коэффициента K -тарировки ξ_K .

6.1 Для проведения оценки трещиностойкости необходимо определить коэффициент ξ_K (K -тарировка), который зависит от отношения $\alpha = a/B$ (где a – текущая длина трещины, B – ширина конструктивного элемента) и условий нагружения (см. рис. 6.1).

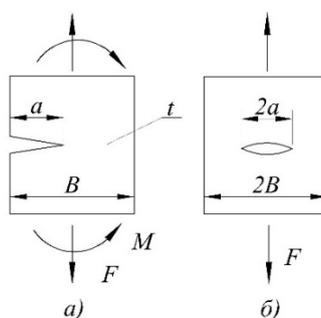


Рис. 6.1

Схема для определения коэффициентов ξ_K в телах с трещинами

6.2 В элементах конструкций простых сечений в виде полосы, уголка, швеллера допускается применять приведенные ниже приближенные аналитические формулы при условии ограниченных значений отношения $\alpha = a/B$. Отношение α необходимо для определения номинальных напряжений и K -тарировки.

Также формулы (6.1-1,2, 6.2) допускается применять для элементов конструкций, имеющих более сложные сечения: балок коробчатого или двутаврового сечения, если трещина не выходит за пределы одного элемента (пояса или стенки шириной B) и размер ее не превышает $\alpha = a/B < 0,1$ или использовать численные методы решения задачи.

6.2.1 Для полосы с краевой трещиной при отношении $\alpha = a/B < 0,7$ (см.рис. 6.1, а):
при растяжении силой F :

$$\xi_K = 1,12 - 0,231\alpha + 10,55\alpha^2 - 21,72\alpha^3 + 30,39\alpha^4 \quad (6.2.1-1)$$

при изгибе моментом M (см. рис. 6.1, а):

$$\xi_K = 1,12 - 1,40\alpha + 7,33\alpha^2 - 13,08\alpha^3 + 14,0\alpha^4 \quad (6.2.1-2)$$

6.2.2 Для полосы с центральной трещиной в условиях растяжения при отношении $\alpha = a/B < 0,8$ (см. рис. 6.1, б):

$$\xi_K = \cos^{-0,5}(0,5\pi\alpha), \quad (6.2.2)$$

где $\alpha = a/B$,

где a - половина длины трещины, B - половина ширины рассчитываемого элемента (рис.6.1).

7 Расчет критического размера трещины a_c при однократном нагружении производится путем подбора ее значения до удовлетворения неравенства

$$\xi_K \sigma_{MAX} \sqrt{\pi a_c} \leq \gamma_n \gamma_{dc} K_C \quad (7-1)$$

- где ξ_K - коэффициент К-тарировки (см. пункт 6);
 σ_{MAX} - максимальное напряжение цикла, МПа;
 γ_n - коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента (принимается согласно табл. 2.3.2.1-2);
 K_C - коэффициент интенсивности напряжений, определяется по формуле:

$$K_C = [1 + c(T_{\text{Э}} - T_0)] K_{C*} \left(\frac{t_0}{t}\right)^{0,2} \quad (7-2)$$

- где $T_{\text{Э}}$ - температура эксплуатации конструкции, °С; $T_0 = 20^\circ\text{C}$ температура испытаний образца стали;
 c - коэффициент, зависящий от свойств материала (см. табл. 7);
 K_{C*} - критическое значение коэффициента интенсивности напряжений, найденное при испытаниях образца стали толщиной $t_0 = 20$ мм при температуре $T_0 = 20$ °С. (см. табл. 7).

Таблица 7

Значения характеристик трещиностойкости

Марка стали ¹				K_C^2 , МПа м ^{0,5}	c
Россия	Германия	Япония	Китай		
СтЗкп	USt 37-2, USt 37-2 G, RSt37-2	-	A3, Q235A, Q235A-F	80	0,009
СтЗнс				80	0,006
СтЗсп	St 37-3, St 37-3 G, UZSt 37-2	SS34	-	80	0,005
10Г2С1	10MnSi7, 11MnSi6			90	0,003
09Г2С	13Mn6, 9MnSi5	SB49	12Mn	100	0,003
14Г2АФ ¹				110	0,002
10ХСНД		S355J0WP		110	0,002

¹ При использовании сталей других марок, необходимо предоставить подтвержденные значения коэффициентов K_C^2 и c .

² Прокат после термообработки.

- γ_{dc} - коэффициент надежности методики расчета (если развитие трещины происходит по основному металлу конструкции см. рис. 7, а - в, то $\gamma_{dc} = 0,85$, если трещина проходит по шву или околошовной зоне, то $\gamma_{dc} = 0,75$ см. рис. 7, з и д.

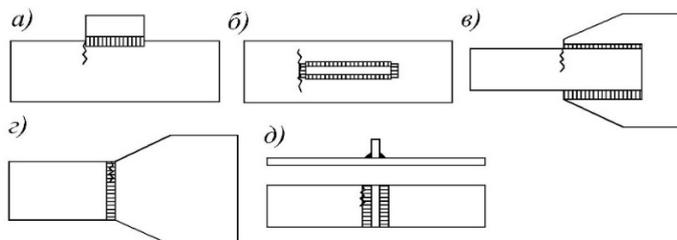


Рис. 7

Примеры узлов с трещинами, распространяющимися по основному металлу (а - в) и вдоль сварного соединения (з, д)

8 Расчет запаса трещиностойкости при циклическом нагружении.

8.1 При $\alpha = a_c / B < 0,2$ количество циклов нагружения до достижения критического состояния определяется по формуле:

$$Z_a = \frac{\gamma_{dn}(\gamma_n \gamma_m \Delta K_*)^q}{(0,5q-1)\zeta_{ea} V_* (\xi_K \Delta \sigma \sqrt{\pi})^q} \left[\frac{1}{a_0^{0,5q-1}} - \frac{1}{a_c^{0,5q-1}} \right] \quad (8.1-1)$$

где γ_{dn} - коэффициент надёжности методики расчёта (для трещины, проходящей по шву $\gamma_{dn} = 0,80-0,95$, по околошовной зоне $\gamma_{dn} = 0,60-0,75$);

γ_n - коэффициент надёжности по назначению конструкции или ее элемента (принимается согласно табл. 2.3.2.1-2);

$q=3$ - показатель степени усталостной кривой;

a_0 - начальный размер трещины, м;

a_c - критический размер трещины, м;

ΔK - размах коэффициента интенсивности напряжений, определяется экспериментально в зависимости от марки стали, при невозможности проведения эксперимента по формуле:

$$\Delta K_* = 0,05 \sigma_B \sqrt{a} \quad (8.1-2)$$

где σ_B - предел прочности материала, МПа.

ζ_{ea} - коэффициент циклического нагружения для элемента конструкции с трещиной, определяется по формуле (8.1-3), которая может быть использована в случае отсутствия прямых экспериментальных данных:

$$\zeta_{ea} = \sum_i \left[\left(\frac{\Delta \sigma_i}{\Delta \sigma_1} \right)^q Z_i \right] \quad (8.1-3)$$

где i - порядковый номер блока нагружения;

$\Delta \sigma_i$ - размах напряжений отдельной ступени блока нестационарного нагружения, МПа (см рис.8.1);

Z_i - количество циклов, соответствующих размаху напряжений $\Delta \sigma_i$;

$\Delta \sigma_1$ - наибольший размах напряжений в блоке нестационарного нагружения, МПа. (см. рис. 8.1);

$q=3$ - показатель степени усталостной кривой.

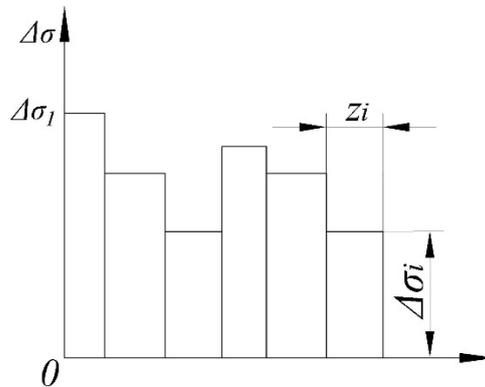


Рис. 8.1

Схема диаграммы предельных напряжений

8.2 Общая зависимость расчета числа циклов нагружения, необходимое для подрастания трещины от размера a_0 до a_c при $\alpha > 0,2$ вычисляется путем численного интегрирования следующего уравнения:

$$Z_a = \frac{\gamma_{dn}(\gamma_n \gamma_m \Delta K_*)^q}{\zeta_{ea} V_* (\Delta \sigma_1 \sqrt{\pi})^q} \int_{a_0}^{a_c} \frac{da}{[\xi_K(\alpha) \sqrt{a}]^q} \quad (8.2)$$

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ
ПРИ ПРЕВЫШЕНИИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА БОЛЕЕ 10 %
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ**

1 Настоящая методика предназначена для оценки технического состояния металлоконструкций подвергнутых сплошной равномерной коррозии.

2 При подготовке к проведению оценки необходимо выполнить расчет минимальной несущей способности исследуемого элемента конструкции в соответствии с.2.3 настоящих Правил с целью определения и сравнения действующих и предельных напряжений:

для сжатых элементов по критерию потери устойчивости согласно 2.3.3 настоящих Правил;

для растянутых элементов по критерию конструкционной прочности согласно 2.3.2 настоящих Правил и при необходимости - усталостной прочности (на базе неограниченной выносливости $N_0=2 \cdot 10^6$) согласно 2.3.4 настоящих Правил;

Рассчитать минимально-допустимую толщину элемента t_{min} , соответствующую минимальной несущей способности.

3 Провести измерение толщины сечений не менее 8—10 раз на одном элементе в зоне коррозионных повреждений;

С использованием полученных замеров вычислить среднюю арифметическую величину толщины сечения t_y .

4 Коррозионное повреждение K_d , определяется по формуле:

$$K_d = \frac{A_n - A_{cor}}{A_n} \times 100\% \quad (4-1)$$

где A_n - номинальная площадь поперечного сечения элемента, мм²;
 A_{cor} - расчетная площадь поперечного сечения элемента конструкции при поверхностной коррозии, [мм²], вычисляется по формуле:

$$A_{cor} = (1 - k_{cs} \Delta_{el}) A_n, \quad (4-2)$$

где k_{cs} - коэффициент слитности сечения, равный отношению периметра к площади поперечного сечения элемента, мм⁻¹;
 Δ_{el} - средняя величина утонения элемента (потеря толщины элемента), [мм], определяется по формуле:

$$\Delta_{el} = t_0 - t_y, \quad (4-3)$$

где t_y - средняя арифметическая величина толщины сечения по результатам замеров;
 t_0 - начальная толщина сечения, мм.

5 Оценка технического состояния проводится путем определения остаточного ресурса T_r , по формуле:

$$T_r = \frac{t_{min}}{V_{cor}} \quad (5-1)$$

где t_{min} - минимально-допустимая толщина элемента, мм;
 V_{cor} - средняя скорость коррозии, [мм/год], определяется по формуле:

$$V_{cor} = \frac{\Delta_{el}}{T_0}, \quad (5-2)$$

где T_0 - срок службы элемента конструкции к моменту проведения обследования, год. ».