

РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

СБОРНИК НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Книга тринадцатая



**Санкт-Петербург
2004**

В настоящем Сборнике нормативно-методических материалов помещены:

Проект новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.) к лопастям гребных винтов фиксированного (ВФШ) и регулируемого (ВРШ) шага, а также к прочности узлов механизма изменения шага (МИШ) ВРШ для ледоколов категорий **ЛЛ6** — **ЛЛ9** и судов с ледовыми усилениями;

Проект новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.) к прочности основных элементов главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, с учетом характерного размера элемента (детали), вязкопластических характеристик материала в составе данного элемента, а также концентрации напряжений;

Проект новой редакции требований 8.2 «Допускаемые напряжения для коленчатых валов ДВС» части VII «Механические установки» Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.);

Инструкция по определению технического состояния и ремонту корпусов стальных плавучих доков.

СОДЕРЖАНИЕ

Проект новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.) к лопастям гребных винтов фиксированного (ВФШ) и регулируемого (ВРШ) шага, а также к прочности узлов механизма изменения шага (МИШ) ВРШ для ледоколов категорий ЛЛ6 — ЛЛ9 и судов с ледовыми усилениями

Часть VII. Механические установки

6 Двигатели	7
6.1 Общие указания.	7
6.2 Требования к лопастям гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9.	7
6.3 Требования к лопастям гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ1 — ЛУ3.	18
6.4 Требования к ступице и деталям крепления лопасти.	18
6.5 Требования к механизму изменения шага для гребных винтов судов ледового плавания и ледоколов	18

Проект новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.) к прочности основных элементов главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, с учетом характерного размера элемента (детали), вязкопластических характеристик материала в составе данного элемента, а также концентрации напряжений

Часть VII. Механические установки

7 Средства активного управления судами	32
7.2 Требования к конструкции.	32

Проект новой редакции требований 8.2 «Допускаемые напряжения для коленчатых валов ДВС» части VII «Механические установки» Правил классификации и постройки морских судов (изд. 2003 г.)

Часть VII. Механические установки

8 Крутильные колебания	37
8.2 Допускаемые напряжения для коленчатых валов ДВС	37

Инструкция по определению технического состояния и ремонту корпусов стальных плавучих доков

1 Общие положения	41
1.1 Область распространения	41
1.2 Определения	42
2 Указания по определению технического состояния корпуса дока . .	46
2.1 Общие положения	46
2.2 Конструкции с износами	48
2.3 Конструкции с деформациями	52
2.4 Конструкции с трещинами и разрывами	55
3 Дефектация корпуса	57
3.1 Общие положения	57
3.2 Конструкции с износами	58
3.3 Конструкции с деформациями	63
3.4 Конструкции с трещинами и разрывами	66
4 Нормативы для корпуса стального плавучего дока с дефектами . .	68
4.1 Общие положения	68
4.2 Конструкции с износами	69
4.3 Конструкции с деформациями	75
4.4 Конструкции с трещинами	78
4.5 Конструкции с интенсивным износом и прогрессирующими деформациями	79
5 Указания и рекомендации по ремонту корпуса	80
5.1 Общие положения	80
5.2 Конструкции с износами	82
5.3 Конструкции с деформациями	90
5.4 Конструкции с трещинами и разрывами	95

<i>Приложение 1</i> Формы регистрации замеров параметров корпуса с дефектами.	97
<i>Приложение 2</i> Рекомендации по изменению параметра f'_{300} при обмерах вмятин.	121
<i>Приложение 3</i> Перечень документов, рекомендуемых к использованию при ремонте корпуса	123

Настоящие проекты новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов подготовлены к.т.н., экспертом Главного управления Регистра А. В. Андрушиным, д.т.н., проф. Ф. М. Кацманом, д.т.н., проф. Г. В. Бойцовым, главным специалистом Главного управления Регистра В. С. Голубевым.

Требования разработаны на базе научно-исследовательских работ 34/2003, 41/2001, а также в рамках подготовки проекта Унифицированных требований МАКО.

Проект новой редакции требований к гребным винтам судов ледового плавания и ледоколов заменяет соответствующий проект, касающийся требований разд. 6 части VII «Механические установки» Правил классификации и постройки морских судов, опубликованный в Книге двенадцатой Сборника нормативно-методических материалов (изд. 2002 г.).

Целью настоящей публикации является апробирование новых требований Регистра к гребным винтам судов ледового плавания и ледоколов, а также к главным САУС. Проект новой редакции требований Правил классификации и постройки морских судов может быть использован вместо существующих требований только по специальному согласованию с Регистром.

**ПРОЕКТ НОВОЙ РЕДАКЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ
КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ
(ИЗД. 2003 Г.) К ЛОПАСТЯМ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ
ФИКСИРОВАННОГО (ВФШ) И РЕГУЛИРУЕМОГО (ВРШ) ШАГА,
А ТАКЖЕ К ПРОЧНОСТИ УЗЛОВ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ
ШАГА (МИШ) ВРШ ДЛЯ ЛЕДОКОЛОВ КАТЕГОРИЙ ЛЛ6 — ЛЛ9 И
СУДОВ С ЛЕДОВЫМИ УСИЛЕНИЯМИ**

ЧАСТЬ VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

6 ДВИЖИТЕЛИ

6.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

6.1.1 Требования настоящего раздела распространяются на металлические гребные винты фиксированного шага цельнолитые и со съемными лопастями, а также на винты регулируемого шага.

6.1.2 Конструкция и размеры винтов главных средств активного управления судами должны соответствовать требованиям настоящего раздела.

Конструкции крыльчатых и водометных движителей являются в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром.

Объем требований к конструкциям и размерам винтов вспомогательных САУС может быть уменьшен по согласованию с Регистром.

6.2 ТРЕБОВАНИЯ К ЛОПАСТЯМ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ СУДОВ С ЛЕДОВЫМИ УСИЛЕНИЯМИ КАТЕГОРИЙ ЛУ4 — ЛУ9 И ЛЕДОКОЛОВ С ЛЕДОВЫМИ УСИЛЕНИЯМИ КАТЕГОРИЙ ЛЛ6 — ЛЛ9

6.2.1 Общие требования к проверке и назначению прочных размеров лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9.

В данной главе представлен поверочный метод для прочных размеров лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий

ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9. Представленный метод применим к открытым гребным винтам и винтам в насадках фиксированного и регулируемого шага. Метод распространяется на кормовые и носовые гребные винты.

Проверка прочных размеров несимметричных лопастей с большими углами саблевидности $\theta_{skew} \geq 25^\circ$ является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром. Угол саблевидности θ_{skew} определяется согласно рис. 6.2.1-1. В качестве угла θ_{skew} принимается угол, равный наибольшему из углов θ_1° или θ_2° .

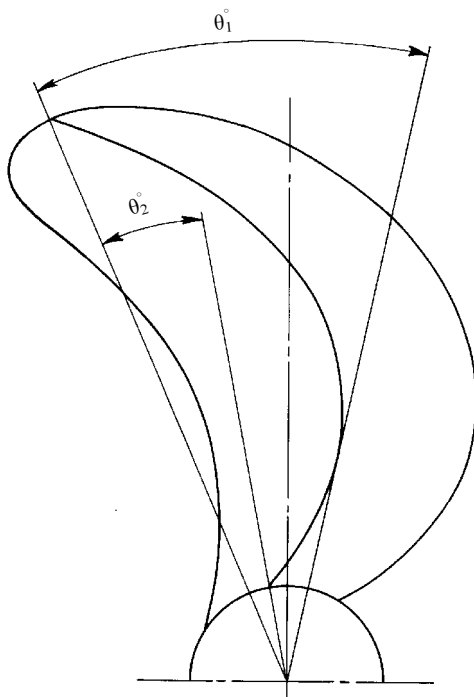


Рис. 6.2.1-1:

θ_1° — угол между радиусом, проведенным через середину концевой сечения лопасти, и радиусом, касательным к средней линии;

θ_2° — угол между радиусами, проведенными через середину концевой и корневого сечений лопасти

Настоящий метод регламентирует минимально требуемую толщину лопастей для спрямленных цилиндрических сечений на трех относительных радиусах: $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$, $\bar{r} = 0,6$ и $\bar{r} = 1$ по линии максимальной толщины, где $\bar{r}_{hub}$ — относительный радиус ступицы или

жесткозаделанного корневого сечения в месте пересечения поверхностей лопасти со ступицей или фланцем лопасти.

На относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ толщина лопасти должна проверяться с учетом галтельного перехода в ступицу или фланец. Толщина спрямленного корневого сечения на радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ регламентируется в трех точках, соответственно, на координатах $\xi_{0,6}(\bar{r}_1) = 0,6[c(\bar{r}_1)/2]$, $\xi_{0,0}(\bar{r}_1) = 0,0$ и $\xi_{-0,6}(\bar{r}_1) = -0,6[c(\bar{r}_1)/2]$ (см. рис. 6.2.1-2).

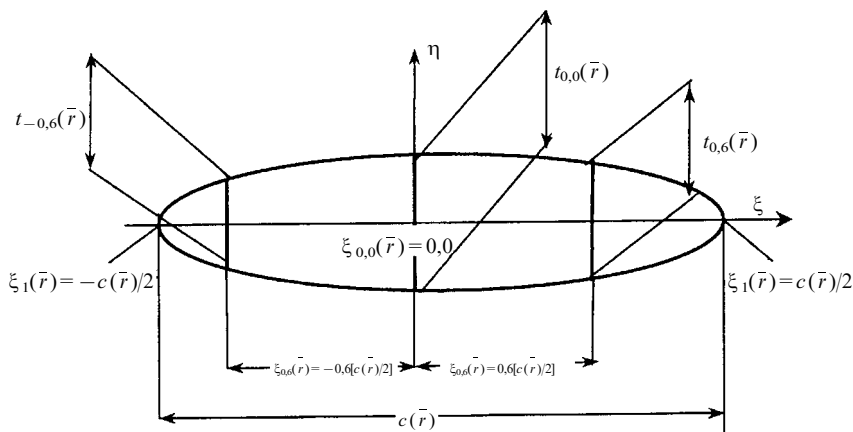


Рис. 6.2.1-2

Схема цилиндрического спрямленного сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}$

Дополнительно регламентируется радиус галтельного перехода от лопасти к ступице или к фланцу лопасти в зависимости от толщины корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}_1$, определяемом по формуле

$$\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05.$$

Толщина кромок лопастей регламентируется для спрямленного цилиндрического сечения $\bar{r} = 0,8$ на координатах $\xi_{0,9}(\bar{r} = 0,8) = 0,9[c(\bar{r} = 0,8)/2]$ и $\xi_{-0,9}(\bar{r} = 0,8) = -0,9[c(\bar{r} = 0,8)/2]$ (см. также 6.2.4.4).

На относительном радиусе $r = 1$ толщина лопасти проверяется без учета скругления.

Прочные размеры гребных винтов назначаются из условия совместного обеспечения усталостной и статической прочности.

Требования обеспечивают средний ресурс лопасти не менее 50 лет и минимальный ресурс равный 25 годам с обеспеченностью 0,999.

6.2.2 Расчетные ледовые нагрузки для назначения прочных размеров лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9.

6.2.2.1 Общие указания к назначению расчетных ледовых нагрузок.

В качестве основного расчетного режима для определения ледовых нагрузок с целью назначения прочных размеров лопастей гребных винтов принимается процесс фрезерования льда кромками лопастей. Режимы эксплуатации, когда направление вращения гребного винта не соответствует направлению движения судна, например, реверс, а также движение судна с остановленными гребными винтами рассматриваются как нерасчетные.

6.2.2.2 Расчетная ледовая сила, действующая на лопасть.

В качестве основной расчетной нагрузки принимается ледовая осевая сила $(F_{ice})_{max}$, действующая на лопасть на режиме фрезерования льда. Направление $(F_{ice})_{max}$ противоположно гидродинамическому упору. Точка приложения $(F_{ice})_{max}$ располагается на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$ на входящей кромке (см. рис. 6.2.2.2).

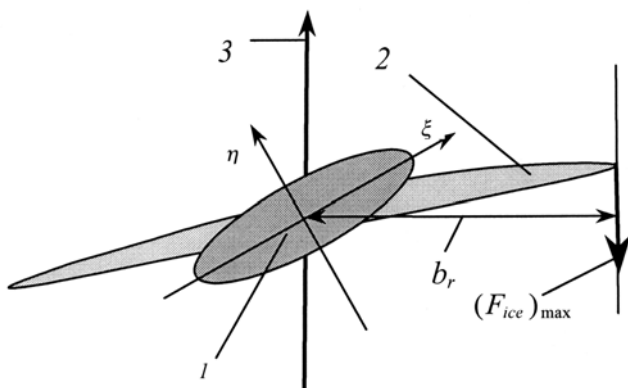


Рис. 6.2.2.2

Схема приложения расчетной ледовой силы $(F_{ice})_{max}$:

1 — корневое сечение на относительном радиусе $\bar{r}$;

2 — сечение на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$;

3 — направление движения судна

Ледовая сила $(F_{ice})_{max}$, Н, определяется по формуле

$$(F_{ice})_{max} = 10^3 [22 + 24e^{-0,17\alpha(\bar{r}=0,9)}] D^{1,6} c_{mean} \sigma_{comp}(\bar{r}=0,8), \quad (6.2.2.2)$$

где c_{mean} — средняя безразмерная ширина лопасти по глубине врезания лопасти в лед, определяемая в соответствии с 6.2.2.3;

$\alpha(\bar{r}=0,9)$ — расчетный угол атаки лопасти на относительном радиусе $\bar{r}=0,9$, град, определяемый в соответствии с 6.2.2.4;

D — диаметр гребного винта, м;
 $\sigma_{comp}(r=0,8)$ — прочность морского льда при одноосном сжатии на глубине, которая соответствует заглублению лопасти в лед на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$, МПа, определяемая в соответствии с 6.2.2.8.

6.2.2.3 Средняя безразмерная ширина лопасти по глубине врезания гребного винта в лед.

Средняя безразмерная ширина лопасти по глубине врезания гребного винта в лед определяется по формуле

$$c_{mean} = \frac{\int_{\bar{r}=0,6}^1 c(\bar{r}) d\bar{r}}{0,4R}, \quad (6.2.2.3)$$

где $c(\bar{r})$ — ширина спрямленного цилиндрического сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}$, м;
 R — радиус гребного винта, м.

6.2.2.4 Расчетный угол атаки лопасти $\alpha(\bar{r})$ на относительном радиусе $\bar{r}$.

Расчетный угол атаки $\alpha(\bar{r})$, град, лопасти на относительном радиусе $\bar{r}$ определяется по формуле

$$\alpha(\bar{r}) = \varphi_{design}(\bar{r}) - \arctg\left[\frac{V_{ice}}{2\pi\bar{r}Rn_{design}}\right], \quad (6.2.2.4)$$

где $\varphi_{design}(\bar{r})$ — расчетный шаговый угол на относительном радиусе $\bar{r}$, град, определяемый в соответствии с 6.2.2.5;

n_{design} — расчетная частота вращения гребного винта, c^{-1} , определяемая в соответствии с 6.2.2.6;

V_{ice} — максимальная скорость льда, м/с, определяемая в соответствии с 6.2.2.7;
 $\pi = 3,14$.

Значение расчетного угла атаки не должно быть меньше 0.

6.2.2.5 Расчетный шаговый угол на относительном радиусе $\bar{r}$.

Расчетный шаговый угол $\varphi_{design}(\bar{r})$, град, на относительном радиусе $\bar{r}$ определяется по формуле

$$\varphi_{design}(\bar{r}) = \arctg\left[\frac{H_{design}(\bar{r})}{2\pi\bar{r}R}\right], \quad (6.2.2.5)$$

где $H_{design}(\bar{r})$ — расчетный шаг гребного винта на относительном радиусе $\bar{r}$, м.

Для гребных винтов фиксированного шага (ВФШ) значение $H_{design}(\bar{r})$ определяется в соответствии с чертежом гребного винта.

Для гребных винтов регулируемого шага (ВРШ) в качестве расчетного шага $H_{design}(\bar{r})$ принимается $H_{design}(\bar{r}) = 0,8H_{constr}(\bar{r})$, где $H_{constr}(\bar{r})$ — конструктивный шаг на относительном радиусе $\bar{r}$, также определяемый в соответствии с чертежом гребного винта.

6.2.2.6 Расчетная частота вращения гребного винта.

Для ВФШ расчетная частота вращения гребного винта n_{design} , c^{-1} , определяется по формуле

$$n_{design} = 0,8n_{bollard}, \quad (6.2.2.6-1)$$

где $n_{bollard}$ — частота вращения гребного винта на швартовном режиме при полной мощности, c^{-1} .

Для ВРШ расчетная частота вращения гребного винта n_{design} , c^{-1} , определяется по формуле

$$n_{design} = 0,8n_{constr}, \quad (6.2.2.6-2)$$

где n_{constr} — проектная частота вращения ВРШ для конструктивного шага на расчетном режиме при полной мощности, c^{-1} .

6.2.2.7 Расчетная скорость взаимодействия гребного винта со льдом.

Расчетная скорость взаимодействия гребного винта со льдом V_{ice} , м/с, определяется в соответствии с табл. 6.2.2.7.

Таблица 6.2.2.7

Расчетная скорость взаимодействия гребного винта со льдом для судов арктических категорий и ледоколов

Категория ледового усиления Расположение гребного винта	ЛУ4 — ЛУ6			ЛУ7 — ЛУ9, ледоколы		
	цент- ральное	борто- вое	носовое	цент- ральное	борто- вое	носовое
Расчетная скорость взаимодействия гребного винта со льдом V_{ice} , м/с	4,12	5,15	5,15	4,9	6,2	6,2

6.2.2.8 Значение прочности льда при одноосном сжатии $\sigma_{comp}(\bar{r}=0,8)$.

Значение прочности льда при одноосном сжатии $\sigma_{comp}(\bar{r}=0,8)$, МПа, определяется в соответствии с графиком 6.2.2.8 для глубины ледового покрова $h_{ice} = 0,2R$.

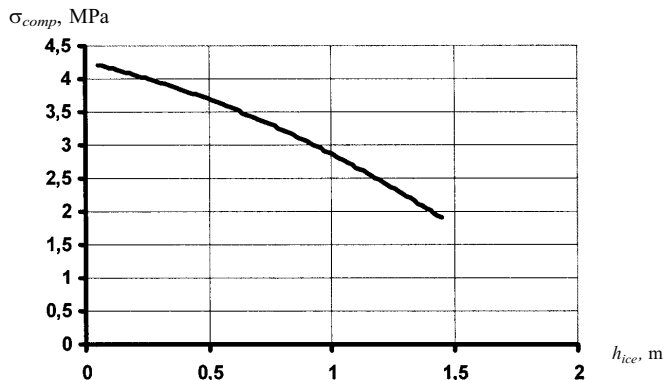


Рис. 6.2.2.8

Прочность морского льда при одноосном сжатии в зависимости от глубины ледового покрова

Для судов арктической категории ЛУ4 и ледоколов категории ЛЛ6 расчетная прочность льда $\sigma_{comp}(\bar{r}=0,8)$ может быть уменьшена в 1,2 раза.

6.2.2.9 Изгибающий и скручивающий лопасть ледовые моменты.

Изгибающий лопасть ледовый момент $Q_{bend}(\bar{r})$, Н·м, относительно нейтральной оси спрямленного корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}$ определяется по формуле

$$Q_{bend}(\bar{r}) = k_{exp}(F_{ice})_{max} \cos[\varphi_{design}(\bar{r})] R(0,8 - \bar{r}), \quad (6.2.2.9-1)$$

где $(F_{ice})_{max}$ — расчетная ледовая сила, воздействующая на лопасть, определяемая в соответствии с 6.2.2.2, Н;

$\varphi_{design}(\bar{r})$ — шаговый угол на относительном радиусе $\bar{r}$, определяемый в соответствии с 6.2.2.5, град;
 k_{exp} — коэффициент в формулах (6.2.2.9-1), (6.2.2.9-2), учитывающий определение изгибающего и скручивающего моментов через расстояния в плоскости спрямленных сечений, принимаемый равным 0,7.

Скручивающий лопасть ледовый момент $Q_{spind}(\bar{r})$, Н·м, относительно центра координат спрямленного корневого сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}$ определяется по формуле

$$Q_{spind}(\bar{r}) = k_{exp}(F_{ice})_{max} b(\bar{r}), \quad (6.2.2.9-2)$$

где $b(\bar{r})$ — расстояние от центра координат корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}$ до линии действия расчетной нагрузки $(F_{ice})_{max}$ в плоскости спрямленных радиальных сечений, м (см. рис. 6.2.2.2).

6.2.3 Допустимые напряжения для назначения прочных размеров лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями ЛЛ6 — ЛЛ9.

6.2.3.1 Прочные размеры лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9 назначаются из условия совместного обеспечения усталостной и статической прочности. Поэтому при определении прочных размеров лопастей в качестве допустимого напряжения σ_{perm} , Па, необходимо использовать наименьшее из допустимых напряжений по статической и усталостной прочности:

$$\sigma_{perm} = \min[(\sigma_{perm})_s, (\sigma_{perm})_f], \quad (6.2.3.1)$$

где $(\sigma_{perm})_s$ — допустимое напряжение из условия статической прочности, Па;

$(\sigma_{perm})_f$ — допустимое напряжение из условия усталостной прочности, Па.

6.2.3.2 Допустимые напряжения из условия статической прочности.

Допустимые напряжения из условия статической прочности $(\sigma_{perm})_s$, Па, определяются по формуле

$$(\sigma_{perm})_s = k_{safety}^{st} \sigma_{0,2}, \quad (6.2.3.2)$$

где $\sigma_{0,2}$ — минимальный предел текучести материала лопасти (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, Па;

k_{safety}^{st} — коэффициент безопасности, учитывающий снижение допустимых напряжений с учетом реальных свойств отливок.

$k_{safety}^{st} = 0,8$ для сталей;

$k_{safety}^{st} = 0,95$ для бронз.

6.2.3.3 Допустимые напряжения из условия усталостной прочности.

Допустимые напряжения из условия усталостной прочности $(\sigma_{perm})_f$, Па, определяются по формуле

$$(\sigma_{perm})_f = [1/(k T_{ice} n)]^{1/m} \psi(m) \sigma_{-}, \quad (6.2.3.3-1)$$

где T_{ice} — относительное время взаимодействия гребного винта со льдом, определяемое согласно табл. 6.2.3.3-1;

k — коэффициент, зависящий от расположения гребного винта, определяемый согласно табл. 6.2.3.3-2;

n — принятая для ВФШ согласно 6.2.2.6 частота вращения гребного винта на швартовном режиме при полной мощности $n_{bollards}$, а также принятая согласно 6.2.2.6 проектная частота вращения ВРШ для конструктивного шага на расчетном режиме при полной мощности n_{constr} , c^{-1} ;

σ_{-} — условный предел усталостной прочности лопасти гребного винта в морской воде при числе циклов нагружения $N_0 = 5 \times 10^7$, Па, определяемый в соответствии с формулой (6.2.3.3-2);

m — константа материала, определяемая по результатам испытаний на усталостную прочность образцов в морской воде с 3 %-ным содержанием NaCl в соответствии с кривой усталостной прочности $\sigma^m N = \sigma_{-}^m N_0$. Для определения m допускается использование кривой усталостной прочности для стандартных гладких образцов диаметром $d_0 = 10$ мм при симметричном цикле нагружения;

$\psi(m)$ — функция от m , определяется по табл. 6.2.3.3-3.

Таблица 6.2.3.3-1

Относительное время взаимодействия гребного винта со льдом

Категория ледового усиления	Транспортные суда						Ледоколы
	ЛУ4	ЛУ5	ЛУ6	ЛУ7	ЛУ8	ЛУ9	ЛЛ6 — ЛЛ9
T_{ice}	2Е-3	3Е-3	4Е-3	5,5Е-3	0,010	0,015	0,022

Таблица 6.2.3.3-2

Коэффициент расположения гребного винта

Расположение гребного винта	центральное	боковое	носовое
k — коэффициент расположения гребного винта	0,4	1	2

Таблица 6.2.3.3-3

Функция $\psi(m)$

m	8	10	12
$\psi(m)$	1,646	1,6	1,56

Для гребных винтов в составе главных винторулевых колонок относительное время взаимодействия, приведенное в формуле (6.2.3.3-1), должно быть увеличено в 1,2 раза.

Условный предел усталостной прочности лопасти гребного винта в морской воде σ_- , Па, при числе циклов нагружения $N_0 = 5 \cdot 10^7$ определяется по формуле

$$\sigma_- = \varepsilon[t_{0,0}(\bar{r}_1)] k_{var} k_{surf}(\sigma_-)_{d_0}, \quad (6.2.3.3-2)$$

где $(\sigma_-)_{d_0}$ — среднее значение условного предела усталостной прочности стандартных гладких образцов диаметром $d_0 = 10$ мм в морской воде с 3 %-ным содержанием NaCl при числе циклов нагружения $N_0 = 5 \cdot 10^7$, Па;

$\varepsilon[t_{0,0}(\bar{r}_1)]$ — коэффициент влияния абсолютных размеров на усталостную прочность в зависимости от толщины корневой сечения $t_{0,0}(\bar{r}_1)$ на относительном радиусе $\bar{r}_1$, определяемый по графику 6.2.3.3;

$k_{var} = 0,82$; $k_{surf} = 1$ — для лопастей без упрочнения поверхности;

$k_{var} = 0,87$; $k_{surf} = 1,2$ — для лопастей с упрочненной поверхностью.

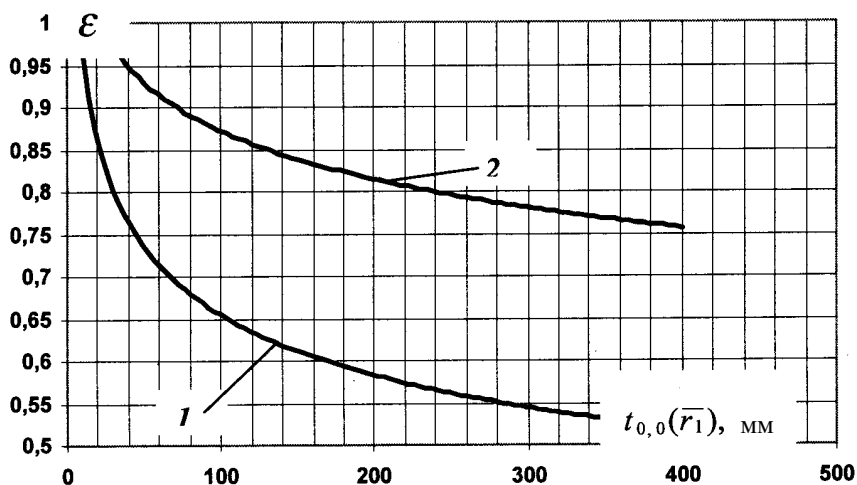


Рис. 6.2.3.3

Коэффициент влияния абсолютных размеров лопасти на усталостную прочность:

1 — сталь; 2 — медные сплавы

Коэффициент k_{var} учитывает влияние вероятностно-статистического разброса усталостной прочности лопасти гребного винта. Коэффициент k_{surf} учитывает влияние обработки поверхности лопасти на ее усталостную прочность. Численные значения k_{var} , k_{surf} обеспечивают средний ресурс лопасти не менее 50 лет и минимальный ресурс равный 25 годам с обеспеченностью 0,999.

6.2.4 Прочные размеры лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9.

6.2.4.1 Прочные размеры корневых сечений.

Минимально допустимая толщина $t_{0,6}(\bar{r}_1)$, м, на координате $\xi_{0,6}(\bar{r}_1) = 0,6[c(\bar{r}_1)/2]$ (см. рис. 6.2.1-2) для корневого сечения на $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ определяется по формуле

$$t_{0,6}(\bar{r}_1) = \left[\frac{\sqrt{A(\bar{r}_1)^2 + 39[Q_{spind}(\bar{r}_1)/c(\bar{r}_1)]^2}}{\sigma_{perm}} \right]^{0,5}, \quad (6.2.4.1-1)$$

где $A(\bar{r}_1) = [Q_{bend}(\bar{r}_1)/[0,118c(\bar{r}_1)] + [24,6Q_{spind}(\bar{r}_1)/[D\alpha(\bar{r}_1)]]$;

$\alpha(\bar{r}_1) = [Q_{bend}(\bar{r}_2)c(\bar{r}_1)]/[Q_{bend}(\bar{r}_1)c(\bar{r}_2)]$;

$Q_{spind}(\bar{r}_1)$ — скручивающий лопасть ледовый момент относительно центра координат спрямленного корневого сечения лопасти на относительном радиусе $r_1 = r_{hub} + 0,05$, Н·м, определяемый в соответствии с 6.2.2.9;

$Q_{bend}(\bar{r}_1)$ — изгибающий лопасть ледовый момент относительно нейтральной оси спрямленного корневого сечения на относительном радиусе $r_1 = r_{hub} + 0,05$, Н·м, определяемый в соответствии с 6.2.2.9;

$Q_{bend}(\bar{r}_2)$ — изгибающий лопасть ледовый момент относительно нейтральной оси спрямленного корневого сечения на относительном радиусе $r_2 = r_1 + 0,05$, Н·м, определяемый в соответствии с 6.2.2.9;

$c(\bar{r}_1)$ — длина хорды корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$, м;

$c(\bar{r}_2)$ — длина хорды корневого сечения на относительном радиусе $r_2 = r_1 + 0,05$, м;

σ_{perm} — допустимое напряжение, Па, определяемое в соответствии с 6.2.3.

Минимально допустимая толщина $t_{0,0}(\bar{r}_1)$, м, на координате $\xi_{0,0}(\bar{r}_1) = 0,0$ (см. рис. 6.2.1-2) для корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ должна быть не менее определяемой по формуле

$$t_{0,0}(\bar{r}_1) = 1,19t_{0,6}(\bar{r}_1). \quad (6.2.4.1-2)$$

Минимально допустимая толщина $t_{-0,6}(\bar{r}_1)$, м, на координате $\xi_{-0,6}(\bar{r}_1) = -0,6[c(\bar{r}_1)/2]$ (см. рис. 6.2.1-2) для корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ должна быть не менее определяемой по формуле

$$t_{-0,6}(\bar{r}_1) = 0,75t_{0,0}(\bar{r}_1). \quad (6.2.4.1-3)$$

6.2.4.2 Толщина периферийного сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r} = 0,6$.

Максимальная толщина периферийного сечения лопасти $t_{0,0}(\bar{r} = 0,6)$, м, на относительном радиусе $\bar{r} = 0,6$ должна определяться по формуле

$$t_{0,0}(\bar{r} = 0,6) = \left[\frac{17,4k_{exp}(F_{ice})_{max} \cos[\varphi_{design}(\bar{r} = 0,8)] \sqrt{(0,1D)^2 + 0,25[c(\bar{r} = 0,8)]^2}}{\sigma_{perm} \sqrt{D^2(1 - \bar{r}_{hub})^2 + [c(\bar{r}_{hub})]^2}} \right]^{0,5}, \quad (6.2.4.2-1)$$

где $c(\bar{r}_{hub})$ — ширина спрямленного цилиндрического сечения на относительном радиусе $\bar{r}_{hub}$, м;
 $c(\bar{r}=0,8)$ — ширина спрямленного цилиндрического сечения на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$, м;
 σ_{perm} — допустимое напряжение, Па, определяемое в соответствии с 6.2.3.3;
 $\varphi_{design}(\bar{r}=0,8)$ — расчетный шаговый угол на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$, град,
определяемый в соответствии с 6.2.2.5;
 k_{exp} — см. формулу (6.2.2.9-1).

Максимальная толщина периферийного сечения лопасти $t_{0,0}(\bar{r}=0,6)$, м, на относительном радиусе $\bar{r}=0,6$ не должна быть менее определяемой по формуле

$$t_{0,0}(\bar{r}=0,6) = \left[\frac{0,12D(F_{ice})_{max}}{0,085c(\bar{r}=0,6)\sigma_{perm}} \right]^{0,5} \quad (6.2.4.2-2)$$

6.2.4.3 Толщина лопасти на относительном радиусе $\bar{r}=1$.

Толщина лопасти t_{tip} , м, на относительном радиусе $\bar{r}=1$ должна быть не менее определяемой по табл. 6.2.4.3.

Таблица 6.2.4.3

Толщина концевых кромок лопасти t_{tip} , на относительном радиусе $\bar{r}=1$

Категория ледового усиления	Транспортные суда			Ледоколы
	ЛУ4 — ЛУ7	ЛУ8	ЛУ9	ЛЛ6 — ЛЛ9
t_{tip}	$0,23t_{0,0}(\bar{r}=0,6)$	$0,24t_{0,0}(\bar{r}=0,6)$	$0,26t_{0,0}(\bar{r}=0,6)$	$0,27t_{0,0}(\bar{r}=0,6)$

6.2.4.4 Толщина входящей и выходящей кромок лопасти.

Толщина входящей и выходящей кромок лопасти для спрямленного сечения на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$ на расстоянии 5 % длины хорды профиля от края лопасти не должна быть менее 50 % максимальной толщины лопасти на данном радиусе.

Толщина выходящей кромки для ВРШ может быть уменьшена при условии выполнения требования по усталостной и статической прочности материала в составе лопасти.

Возможность использования более острых кромок для улучшения эксплуатационных характеристик гребного винта является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром; при расчете этой возможности должны учитываться определение ледового давления и расчет напряженного состояния лопасти, включая зону контакта лопасти со льдом.

6.2.5 При использовании на судах с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколах с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9 насадок, а также специальных конструкторских решений (новых форм обводов, элементов ледовой защиты движительного комплекса), направленных на снижение интенсивности воздействия льда на гребной винт, толщины лопасти, определенные согласно 6.2.1 — 6.2.4, могут быть уменьшены при условии представления Регистру подробных расчетов

ледовых нагрузок и прочности. В этом случае параметры ледовых нагрузок для расчета усталостной и статической прочности могут быть определены по результатам испытаний самоходных моделей в ледовом опытовом бассейне по методике, согласованной с Регистром.

6.3 ТРЕБОВАНИЯ К ЛОПАСТЯМ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ СУДОВ С ЛЕДОВЫМИ УСИЛЕНИЯМИ КАТЕГОРИЙ ЛУ1 — ЛУ3

6.3.1 Прочные размеры лопастей гребных винтов судов с ледовыми усилениями категорий **ЛУ1 — ЛУ3** проверяются и назначаются в соответствии с действующими требованиями Регистра.

6.4 ТРЕБОВАНИЯ К СТУПИЦЕ И ДЕТАЛЯМ КРЕПЛЕНИЯ ЛОПАСТИ

6.4.1 Радиусы галтелей перехода лопасти в ступицу.

Переход лопасти в ступицу или фланец должен выполняться плавным сопряжением. Допускается плавный переход переменным радиусом. Радиусы галтелей и сопряжений перехода должны составлять не менее 90 % от толщины корневого сечения на относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$.

6.5 ТРЕБОВАНИЯ К МЕХАНИЗМУ ИЗМЕНЕНИЯ ШАГА ДЛЯ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ СУДОВ С ЛЕДОВЫМИ УСИЛЕНИЯМИ И ЛЕДОКОЛОВ

6.5.1 Общие указания и требования к обеспечению прочности механизма изменения шага (МИШ) для гребных винтов судов с ледовыми усилениями и ледоколов.

Прочные размеры элементов механизма изменения шага (МИШ) ВРШ, находящихся в потоке силовых линий, должны назначаться и проверяться из условий пирамидальной и усталостной прочности.

Обеспечение пирамидальной прочности МИШ ВРШ означает, что при поломке лопасти от воздействия нерасчетной ледовой нагрузки элементы МИШ, находящиеся в потоке силовых линий, должны остаться неповрежденными и обеспечивать эксплуатацию ВРШ в рамках заданных технических условий. Под поломкой лопасти понимается отгиб лопасти в результате пластической деформации материала в ее составе или разделение лопасти на отдельные части.

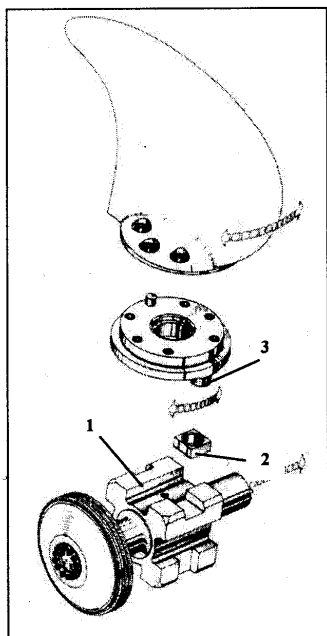


Рис. 6.5.1 Типовая конструкция МИШ ВРШ: 1 — ползун; 2 — сухарь; 3 — палец

Должна быть произведена проверка пирамидальной и усталостной прочности следующих основных элементов МИШ, которые находятся в потоке силовых линий: сухарь, палец, ползун. Расположение указанных элементов в составе типовой конструкции МИШ ВРШ представлено на рис. 6.5.1. Расчеты пирамидальной и усталостной прочности должны установить достаточность прочных размеров указанных элементов из условия не превышения расчетных напряжений максимально допустимых значений.

Для судов арктических категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов прочные размеры элементов МИШ ВРШ из условия усталостной прочности должны назначаться и проверяться от воздействия ледовых нагрузок на режимах фрезерования льда кромками лопастей в соответствии с 6.5.3. Для судов с ледовыми усилениями ЛУ1 — ЛУ3 определение нагрузок для расчета прочности элементов МИШ из условия

усталостной прочности является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром. Для проверки усталостной прочности должны быть приняты во внимание эксплуатационные ледовые и гидродинамические нагрузки, воздействующие на лопасть. Указанные расчеты нагрузок должны быть представлены Регистру.

Для типовой конструкции МИШ ВРШ (см. рис. 6.5.1) расчеты пирамидальной и усталостной прочности основных элементов должны выполняться в соответствии с 6.5.2 — 6.5.4. Для других конструкций МИШ ВРШ расчеты прочности являются в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром. Указанные расчеты усталостной и пирамидальной прочности должны быть представлены Регистру.

6.5.2 Требования к обеспечению пирамидальной прочности элементов МИШ ВРШ судов с ледовыми усилениями и ледаколов.

6.5.2.1 Требования к величине предельной, разрушающей лопасть нагрузке.

Прочность элементов МИШ ВРШ должна проверяться на действие предельной нагрузки от поломки лопасти.

Предельная сила поломки лопасти, H , приложена на относительном радиусе 0,8, направлена противоположно гидродинамическому упору и определяется по формуле

$$F_{spind}^{damage} = 0,332 \cdot 10^6 \rho_{cr} \frac{1}{l_{arm}} c(\bar{r}_1) t_{max}^2(\bar{r}_1) [\beta(\bar{r}_1)]^{1,5} \sigma_{0,2}^{design}. \quad (6.5.2.1-1)$$

Предельный скручивающий момент Q_{spind}^{damage} , Н·м, относительно оси поворота лопасти при ее поломке, который передается на МИШ ВРШ, определяется по формуле

$$Q_{spind}^{damage} = 0,166 \cdot 10^6 k_{frict} \rho_{cr} \frac{C_d(\bar{r}=0,8)}{l_{arm}} c(\bar{r}_1) t_{max}^2(\bar{r}_1) [\beta(\bar{r}_1)]^{1,5} \sigma_{0,2}^{design}, \quad (6.5.2.1-2)$$

где $\rho_{cr} = 1/(1 + k_{cr}^{1,5})^{2/3}$;

$$k_{cr} = \frac{3C_d(\bar{r}=0,8)/c(r_1)}{1 + 4,7[l_{arm}/c(r_1)]^2};$$

k_{frict} — коэффициент трения между фланцем лопасти и ступицей, принимаемый равным 0,66;
 $C_d(\bar{r}=0,8)$ — расстояние по хорде спрямленного сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}=0,8$ от оси вращения лопасти до ее входящей кромки или половина размера хорды по этому сечению, в зависимости от того, что больше, м;

l_{arm} — плечо предельной силы поломки лопасти, м;

$\bar{r}_{hub} = (0,75 - r_{hub})R$;

$\bar{r}_{hub}$ — относительный радиус ступицы;

R — радиус гребного винта, м;

$c(\bar{r}_1)$ — спрямленная длина хорды расчетного сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}_1$, м;

$t_{max}(\bar{r}_1)$ — наибольшая толщина расчетного сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}_1$, м;

$\beta(\bar{r}_1)$ — коэффициент полноты расчетного сечения лопасти относительном радиусе $\bar{r}_1$;

$\sigma_{0,2}^{design}$ — расчетный предел текучести материала лопасти, МПа;

$r_1 = r_{hub} + 0,05$ — относительный радиус расчетного корневого сечения.

При представлении Регистру необходимых расчетов допускается использование коэффициента трения между фланцем лопасти и ступицей k_{frict} , отличающегося от указанного в формуле (6.5.2.1-2).

Коэффициент полноты расчетного сечения лопасти $\beta(\bar{r}_1)$ на относительном радиусе $\bar{r}_1 = \bar{r}_{hub} + 0,05$ определяется по формуле

$$\beta(\bar{r}_1) = 1 - 1/(m + 1), \quad (6.5.2.1-3)$$

где $m = 3,32 [\lg[1 - t_{mean}(\bar{r}_1)/t_{0,0}(\bar{r}_1)]]$;

$t_{0,0}(\bar{r}_1)$ — толщина расчетного сечения лопасти на половине длины хорды (соответственно рис. 6.1.1-2), м;

$t_{mean}(\bar{r}_1) = \frac{1}{2} [t_{-0,5}(\bar{r}_1) + t_{0,5}(\bar{r}_1)]$ — среднеарифметическая величина толщин расчетного сечения лопасти на половине расстояний от его середины до внешних кромок лопасти, м (см. рис. 6.1.1-2).

Расчетный предел текучести материала лопасти $\sigma_{0,2}^{design}$, МПа, определяется по формуле

$$\sigma_{0,2}^{design} = (\sigma_{0,2})_{min} \left[1 + 0,66 \bar{\epsilon}_{max} [(\sigma_u)_{min} / (\sigma_{0,2})_{min} - 1] \right], \quad (6.5.2.1-4)$$

где $(\sigma_{0,2})_{min}$ — минимальный предел текучести материала лопасти (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа;
 $(\sigma_u)_{min}$ — минимальная величина временного сопротивления (предела прочности на разрыв) материала лопасти, гарантируемая техническими условиями на его поставку, МПа;
 $\bar{\epsilon}_{max}$ — относительная величина максимальной макродеформации материала в составе лопасти, равная 0,35 для мартенситных сталей, и 0,75 — для аустенитных сталей и медных сплавов.

Для толщин расчетного корневого сечения, меньших $t_{max}(\bar{r}_1) \leq 0,1$ м, значения максимальных макродеформаций $\bar{\epsilon}_{max}$ должны определяться в соответствии с 6.5.2.2.

Если фактические значения предела текучести материала лопастей рассматриваемых винтов $(\sigma_{0,2})_{real}$, установленные в процессе приемки материала, превосходят значения $(\sigma_{0,2})_{min}$ более чем на 30 %, величина $\sigma_{0,2}^{design}$ согласно (6.5.2.1-4) должна увеличиваться пропорционально коэффициенту $k_{0,2}$, определяемому по формуле

$$k_{0,2} = [(\sigma_{0,2})_{real} / 1,3(\sigma_{0,2})_{min}] \geq 1. \quad (6.5.2.1-5)$$

6.5.2.2 Расчетные значения максимальных макродеформаций материала в составе лопасти.

Относительная величина максимальной макродеформации материала в составе лопасти $\bar{\epsilon}_{max}$ определяется по формуле

$$\bar{\epsilon}_{max} = f_2 \epsilon_{max} / \delta_u, \quad (6.5.2.2-1)$$

где ϵ_{max} — величина максимальной макродеформации материала в составе лопасти;
 δ_u — равномерная относительная деформация стандартного образца до начала образования шейки текучести;

f_2 — коэффициент запаса, равный 1,2 для медных сплавов и аустенитных сталей и 1,4 — для мартенситных сталей.

При расчетах значение $\bar{\epsilon}_{max}$ не должно приниматься более 1.

Значение δ_u рассчитывается по формуле

$$\delta_u = 0,7 \delta_{min}, \quad (6.5.2.2-2)$$

где δ_{min} — минимально требуемое в соответствии с техническими условиями относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении.

Для аустенитных сталей и медных сплавов значение максимальной макродеформации $\varepsilon_{\max}$ определяется по формуле

$$\varepsilon_{\max} = 1,3 \left[\frac{(KV)^{0,2}}{[(\sigma_{0,2})_{\min}]^{0,4}} \right] \frac{1}{[t(\bar{r}_1)]^{0,2}} \ln(1 + \delta_{\min}). \quad (6.5.2.2-3)$$

Для мартенситных сталей значение максимальной макродеформации $\varepsilon_{\max}$ определяется по формуле

$$\varepsilon_{\max} \cong 6,4 \frac{\sqrt{KV}}{(\sigma_{0,2})_{\min}} \frac{1}{[t(\bar{r}_1)]^{0,5}} \ln(1 + \delta_{\min}). \quad (6.5.2.2-4)$$

В формулах (6.5.2.2-3) и (6.5.2.2-4):

$t(\bar{r}_1)$ — расчетная толщина спрямленного корневого сечения лопасти на относительном радиусе $\bar{r}_1$, м;

KV — работа удара для образца с V-образным надрезом при температуре 0 °С, Дж;

$(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести материала лопасти (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа.

Расчетная толщина лопасти $t(\bar{r}_1)$, м, определяется по формуле

$$t(\bar{r}_1) = 0,85 t_{0,0}(\bar{r}_1), \quad (6.5.2.2-5)$$

где $t_{0,0}(\bar{r}_1)$ — толщина расчетного сечения лопасти на половине длины хорды на относительном радиусе $\bar{r}_1$, м (см. рис. 6.2.1-2).

При отсутствии данных для KV при температуре 0 °С соответствующие значения могут быть определены по формуле

$$KV = \beta KV^{-10}, \quad (6.5.2.2-6)$$

где KV^{-10} — минимально требуемая в соответствии с техническими условиями величина работы удара по методу Шарпи для образца с V-образным надрезом при температуре -10 °С, Дж;

β — коэффициент, определяемый в соответствии с рис. 6.5.2.2 в зависимости от минимально требуемой величины KV^{-10} .

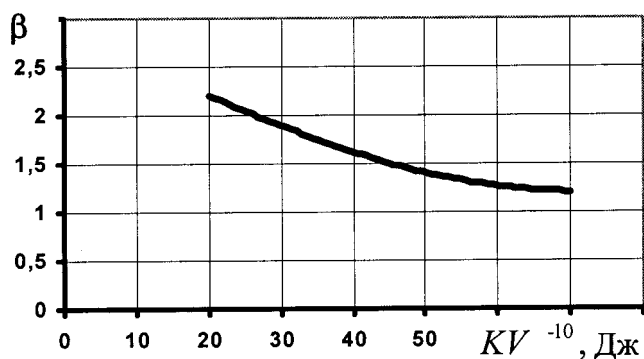


Рис. 6.5.2.2 Коэффициент β

6.5.2.3 Требования к напряжениям и деформациям в элементах МИШ для обеспечения пирамидальной прочности.

6.5.2.3.1 Общие положения.

Пирамидальная прочность основных проверяемых элементов МИШ (палец, ползун, сухарь — см. рис. 6.5.1) должна быть проверена из условия обеспечения допустимых номинальных напряжений, а также допустимых упругопластических деформаций в местах концентрации напряжений. Соответствующие требования представлены в 6.5.2.3.2 и 6.5.2.3.3.

6.5.2.3.2 Требования к номинальным напряжениям в элементах МИШ для обеспечения пирамидальной прочности.

Требования к номинальным напряжениям должны быть проверены для следующих элементов МИШ: палец, ползун, сухарь.

Номинальные расчетные напряжения Мизеса σ_{eq} (эквивалентные) и смятия $(\sigma_{crush})_n$ для указанных элементов МИШ, соответствующие действию предельного скручивающего момента Q_{spind}^{damage} (см. 6.5.2.1), не должны превышать нижеследующих максимально допустимых величин:

$$\sigma_{eq} \leq k_{safety}(\sigma_{0,2})_{min} , \quad (6.5.2.3.2-1)$$

$$\text{где } \sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{bend})_n^2 + 3\tau_n^2} ;$$

$(\sigma_{bend})_n$ — номинальное расчетное напряжение изгиба в элементе МИШ;

τ_n — номинальное расчетное касательное напряжение в элементе МИШ;

$$(\sigma_{crush})_n \leq k_{safety}(\sigma_{0,2})_{min} . \quad (6.5.2.3.2-2)$$

В выражениях (6.5.2.3.2-1), (6.5.2.3.2-2) k_{safety} — коэффициент безопасности, равный 0,8, $(\sigma_{0,2})_{min}$ — минимальный предел текучести материала элемента МИШ (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку.

Номинальные расчетные напряжения для основных проверяемых элементов МИШ должны определяться в соответствии с требованиями 6.5.4.

6.5.2.3.3 Требования к упругопластическим деформациям в элементах МИШ для обеспечения пирамидальной прочности.

Требования к упругопластическим деформациям должны быть проверены для следующих элементов МИШ: палец, ползун.

Для указанных элементов МИШ расчетные значения упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений, соответствующие действию предельного скручивающего момента Q_{spind}^{damage} (см. 6.5.2.1), не должны превосходить допустимых значений $k_{safety}\varepsilon_{cr}$.

$$\varepsilon \leq k_{safety}\varepsilon_{cr} , \quad (6.5.2.3.3)$$

где ε_{cr} — критическое значение упругопластической деформации, соответствующее разрушению материала;

k_{safety} — коэффициент безопасности, учитывающий вероятностно-статистический разброс физико-механических характеристик материала в отливках деталей;

$k_{safety} = 0,7$ при $(\sigma_{0,2})_{\min} \geq 0,6(\sigma_u)_{\min}$ (мартенситные стали);
 $k_{safety} = 0,83$ при $(\sigma_{0,2})_{\min} < 0,6(\sigma_u)_{\min}$ (аустенитные стали);
 $(\sigma_u)_{\min}$ — минимальная величина временного сопротивления (или предела прочности на разрыв) материала элемента МИШ, гарантируемая техническими условиями на его поставку.

Расчетное значение упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений должно определяться в соответствии с 6.5.2.3.4. Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации должно определяться в соответствии с 6.5.2.3.5.

6.5.2.3.4 Расчетное значение упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений.

Расчетное значение упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений, соответствующее действию предельного скручивающего момента Q_{spind}^{damage} (см. 6.5.2.1), определяется по формуле

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma_{tensile}^2}{BE} \right)^{1/(n+1)}, \quad (6.5.2.3.4-1)$$

где $\sigma_{tensile} = (k_{stress})_{th} \sigma_{eq}$ — наибольшее напряжение для концентратора напряжения при упругом нагружении, соответствующее действию предельного скручивающего момента Q_{spind}^{damage} (см. 6.5.2.3.2), МПа;

$(k_{stress})_{th}$ — теоретический коэффициент концентрации напряжений для упругой области нагружения;

σ_{eq} — номинальное расчетное напряжение Мизеса (эквивалентное), соответствующее действию предельного скручивающего момента Q_{spind}^{damage} (см. 6.5.2.3.2), МПа;

n — показатель Льюдвига;

B — коэффициент в соответствии с уравнением Льюдвига-Холломона $\sigma = B\varepsilon^n$ для определения взаимозависимости «напряжение (σ) — деформация (ε)» в зоне упругопластического деформирования;

E — модуль Юнга, МПа.

Показатель Льюдвига n определяется по формуле

$$n = 1,157 \ln(1 + \delta_u) + 0,002, \quad (6.5.2.3.4-2)$$

где δ_u — равномерное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении.

Равномерное относительное удлинение стандартного образца δ_u определяется по формуле

$$\delta_u \cong 0,7 \delta_{\min}, \quad (6.5.2.3.4-3)$$

где $\delta_{\min}$ — минимальное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении, требуемое в соответствии с техническими условиями.

Коэффициент B определяется по формуле

$$B = (\sigma_{0,2})_{\min} / (0,002)^n, \quad (6.5.2.3.4-4)$$

где $(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести материала элемента МИШ (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа.

Теоретический коэффициент концентрации напряжений $(k_{stress})_{th}$ для упругой зоны нагружения определяется в соответствии с 6.5.5.2.

Для определения расчетного значения упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений по формуле (6.5.2.3.4-1) напряжение $\sigma_{tensile}$ в упругой зоне нагружения может определяться методом конечных элементов по одобренной Регистром программе.

6.5.2.3.5 Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации.

Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формулам (6.5.2.3.5-1) или (6.5.2.3.5-2) в зависимости от вида материала.

Для мартенситных сталей критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формуле

$$\varepsilon_{cr} \cong 6,4 \frac{\sqrt{KV}}{(\sigma_{0,2})_{\min}} \frac{1}{t^{0,5}} \ln(1 + \delta_{\min}) \text{ при } (\sigma_{0,2})_{\min} \geq 0,6(\sigma_u)_{\min} . \quad (6.5.2.3.5-1)$$

Для аустенитных сталей критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формуле

$$\varepsilon_{cr} \cong 1,3 \left[\frac{(KV)^{0,2}}{(\sigma_{0,2})_{\min}^{0,4}} \right] \frac{1}{t^{0,2}} \ln(1 + \delta_{\min}) \text{ при } (\sigma_{0,2})_{\min} \leq 0,6(\sigma_u)_{\min} , \quad (6.5.2.3.5-2)$$

где $(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести (или минимальный условный предел текучести) материала элемента МИШ, гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа;

KV — минимальная работа удара по Шарпи для материала элемента МИШ, Дж, требуемая в соответствии с техническими условиями;

$\delta_{\min}$ — минимальное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении, требуемое в соответствии с техническими условиями;

$(\sigma_u)_{\min}$ — минимальная величина временного сопротивления (или предела прочности на разрыв) материала элемента МИШ, гарантируемая техническими условиями на его поставку.

t — характерная толщина детали, м.

В качестве характерной толщины детали t в формулах (6.5.2.3.5-1) и (6.5.2.3.5-2) для ползуна принимается b_{ch} (см. рис. 6.5.4-2), а для пальца d_{pin} (см. рис. 6.5.4-3).

6.5.3 Требования к обеспечению усталостной прочности элементов МИШ ВРШ судов с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9 и ледоколов с ледовыми усилениями категорий ЛЛ6 — ЛЛ9.

6.5.3.1 Требования к величине ледовой расчетной нагрузки из условия усталостной прочности.

В качестве основной расчетной нагрузки для проверки прочных размеров элементов МИШ ВРШ из условия усталостной прочности принимается скручивающий момент $Q_{spind}^{fatigue}$, Н·м, относительно оси поворота лопасти от воздействия ледовой нагрузки $(F_{ice})_{\max}$ на режиме фрезерования льда, определяемый по формуле

$$Q_{spind}^{fatigue} = k_{exp} k_{frict} (F_{ice})_{\max} b_{spind} , \quad (6.5.3.1)$$

где b_{spind} — расстояние от центра фланца лопасти до линии действия расчетной ледовой нагрузки $(F_{ice})_{\max}$ в плоскости спрямленных радиальных сечений, м;

$(F_{ice})_{\max}$ — ледовая нагрузка, действующая на лопасть на режиме фрезерования льда, Н;

k_{frict} — см. 6.5.2.1;
 k_{exp} — см. 6.2.2.9.

Ледовая нагрузка $(F_{ice})_{max}$, воздействующая на лопасть, определяется в соответствии с 6.2.2.2.

6.5.3.2 Требования к напряжениям в элементах МИШ для обеспечения усталостной прочности.

Номинальные расчетные напряжения Мизеса σ_{eq} в элементах МИШ, соответствующие действию скручивающего момента $Q_{spind}^{fatigue}$ (см. 6.5.3.1), не должны превосходить следующих максимально допустимых значений:

$$\sigma_{eq} \leq \frac{0,45(\sigma_u)_{min}}{\bar{\sigma}_f(k_{stress})_{ef}}, \quad (6.5.3.2-1)$$

где σ_{eq} — номинальное расчетное напряжение Мизеса, определяемое аналогично 6.5.2.3, МПа;
 $(\sigma_u)_{min}$ — минимальная величина временного сопротивления (предела прочности на разрыв) материала элемента МИШ ВРШ, гарантируемая техническими условиями на его поставку;

$(k_{stress})_{ef}$ — эффективный коэффициент концентрации напряжений;

$\bar{\sigma}_f$ — безразмерное эквивалентное напряжение усталостной прочности.

Эффективный коэффициент концентрации напряжений $(k_{stress})_{ef}$ в местах соединения элементов МИШ должен определяться в соответствии с 6.5.5.

Безразмерное эквивалентное напряжение усталостной прочности $\bar{\sigma}_f$ определяется по формуле

$$\bar{\sigma}_f = 0,063[4 + \lg(N_{ice}/N_0)]^{1,25} + 0,1, \quad (6.5.3.2-2)$$

где $N_0 = 5 \cdot 10^6$;

N_{ice} — число нагружений лопасти ледовой нагрузкой.

Значение N_{ice} определяется по формуле

$$N_{ice} = 6,2 \cdot 10^8 k T_{ice} n, \quad (6.5.3.2-3)$$

где k — см. 6.1.3.2;

T_{ice} — см. 6.1.3.2;

n — см. 6.1.3.2.

6.5.4 Номинальные расчетные напряжения в элементах МИШ ВРШ.

Номинальные расчетные напряжения в проверяемых элементах МИШ ВРШ (см. 6.5.1) должны рассчитываться в соответствии с расчетными схемами на рис. 6.5.4-1 — 6.5.4-4.

6.5.4.1 Расчетная сила, действующая на палец.

Расчетная сила, действующая на палец, H , определяется по формуле

$$F_{pin} = Q_{spind}/r_{pin}, \quad (6.5.4.1)$$

где r_{pin} — расстояние от центра вращения лопасти до центра пальца, м (см. рис. 6.5.4-1);

Q_{spind} — скручивающий момент относительно оси поворота, Н·м (Q_{spind}^{damage} или $Q_{spind}^{fatigue}$).

Примечание. В качестве Q_{spind} используется Q_{spind}^{damage} и $Q_{spind}^{fatigue}$ для расчета пирамидальной и усталостной прочности, соответственно.

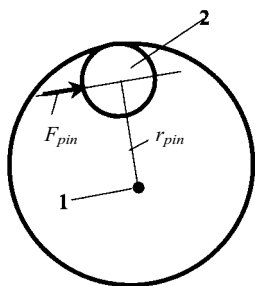


Рис. 6.5.4-1: 1 — центр вращения фланца лопасти; 2 — палец

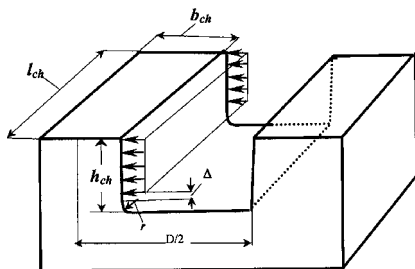


Рис. 6.5.4-2 Ползун

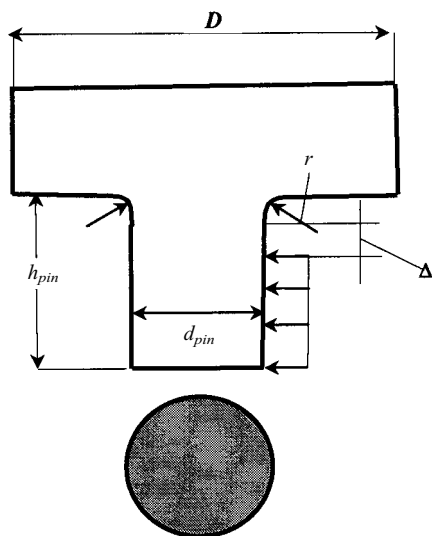


Рис. 6.5.4-3 Палец

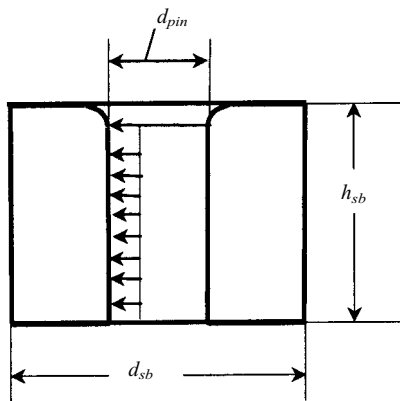


Рис. 6.5.4-4 Сухарь

6.5.4.2 Номинальные расчетные напряжения в пальце.

Номинальное расчетное напряжение изгиба в пальце $(\sigma_{bend})_n$, Па, определяется по формуле

$$(\sigma_{bend})_n = (Q_{bend})_{pin} / W_{pin} , \quad (6.5.4.2-1)$$

где $(Q_{bend})_{pin}$ — расчетный изгибающий палец момент, Н·м;

W_{pin} — расчетный момент сопротивления пальца, м³.

Расчетный изгибающий палец момент $(Q_{bend})_{pin}$, Н·м, определяется по формуле

$$(Q_{bend})_{pin} = F_{pin} h_{pin} / 2, \quad (6.5.4.2-2)$$

где h_{pin} — высота пальца, м (см. рис. 6.5.4-3).

Расчетный момент сопротивления пальца W_{pin} , м³, определяется по формуле

$$W_{pin} = \pi d_{pin}^3 / 32, \quad (6.5.4.2-3)$$

где d_{pin} — диаметр пальца, м (см. рис. 6.5.4-3).

Номинальное расчетное касательное напряжение в пальце $(\tau_{pin})_n$, Па, определяется по формуле

$$(\tau_{pin})_n = \frac{F_{pin}}{\pi d_{pin}^2 / 4}. \quad (6.5.4.2-4)$$

6.5.4.3 Номинальное расчетное напряжение в сухаре.

Номинальное расчетное напряжение смятия в сухаре σ_{crush} , Па, определяется по формуле

$$\sigma_{crush} = \frac{F_{pin}}{h_{sb} d_{pin}}, \quad (6.5.4.3)$$

где F_{pin} — расчетная сила, действующая на палец, Н (см. 6.5.4.1);

h_{sb} — высота сухаря, м (см. рис. 6.5.4-4).

6.5.4.4 Номинальные расчетные напряжения в ползуне.

Номинальное расчетное напряжение изгиба в ползуне $(\sigma_{bend})_n$, Па, определяется по формуле

$$(\sigma_{bend})_n = (Q_{bend})_{pin} / W_{ch}, \quad (6.5.4.4-1)$$

где $(Q_{bend})_{pin}$ — расчетный изгибающий момент, Н·м (см. 6.5.4.2);

W_{ch} — расчетный момент сопротивления выступа ползуна, м³.

Расчетный момент сопротивления выступа ползуна W_{ch} , м³, определяется по формуле

$$W_{ch} = l_{ch} b_{ch}^2 / 6, \quad (6.5.4.4-2)$$

где l_{ch} и b_{ch} — продольный и поперечный размеры выступа ползуна, м, соответственно (см. рис. 6.5.4-2).

Номинальное расчетное касательное напряжение в ползуне $(\tau_{ch})_n$, Па, определяется по формуле

$$(\tau_{ch})_n = F_{pin} / (l_{ch} b_{ch}), \quad (6.5.4.4-3)$$

где F_{pin} — расчетная сила, действующая на палец, Н (см. 6.5.4.1).

6.5.5 Эффективный коэффициент концентрации напряжений.

6.5.5.1 Для пальца и ползуна величина эффективного коэффициента концентрации напряжений должна определяться в соответствии с расчетными схемами на рис. 6.5.4-1 — 6.5.4-4.

Величина эффективного коэффициента концентрации напряжений $(k_{stress})_{ef}$ должна рассчитываться по формуле

$$(k_{stress})_{ef} = \frac{(k_{stress})_{th}}{k_{scale}[1 + 0,3[1 - 0,5\lg(L/G)]]} + k_{surf} \frac{(\sigma_u)_{\min}}{500}, \quad (6.5.5.1)$$

где $(k_{stress})_{th}$ — теоретический коэффициент концентрации напряжений;

k_{scale} — коэффициент, учитывающий влияние абсолютных размеров рассчитываемой детали;

L/G — коэффициент, характеризующий отношение размера напряженной зоны концентратора напряжений L к градиенту G действующих напряжений в этом концентраторе;

k_{surf} — коэффициент, учитывающий обработку и состояние поверхности;

$(\sigma_u)_{\min}$ — минимальная величина временного сопротивления (предела прочности на разрыв) материала лопасти, гарантируемая техническими условиями на его поставку, МПа.

6.5.5.2 Теоретический коэффициент концентрации напряжений $(k_{stress})_{th}$ рассчитывается следующим образом:

для пальца:

$$(k_{stress})_{th} = \alpha_1 \left[1 + \frac{0,45}{1 + 0,07(\Delta/r)^2} \right], \quad (6.5.5.2-1)$$

$$\text{где } \alpha_1 = 1 + \frac{0,062}{\bar{r}^{0,72}} \left[1 + 1,2 \left(\frac{D}{d_{pin}} - 1 \right)^{0,2} \right], \quad (6.5.5.2-2)$$

где $\bar{r} = r/d_{pin}$;

r — радиус галтели;

Δ , D , d_{pin} , r — см. рис. 6.5.4-3;

для ползуна:

$$(k_{stress})_{th} = \alpha_2 \left[1 + \frac{0,75}{1 + 0,07(\Delta/r)^2} \right], \quad (6.5.5.2-3)$$

$$\text{где } \alpha_2 = 1 + \frac{0,080}{\bar{r}^{0,65}} \left[1 + 1,4 \left(\frac{D}{b_{ch}} - 1 \right)^{0,2} \right], \quad (6.5.5.2-4)$$

где $\bar{r} = r/b_{ch}$;

Δ , D , b_{ch} , r — см. рис. 6.5.4-2.

6.5.5.3 Коэффициент k_{scale} , учитывающий влияние абсолютных размеров рассчитываемой детали, рассчитывается следующим образом:

для пальца:

$$k_{scale} = \frac{1}{1 + k_b(100d_{pin} - 1)}, \quad (6.5.5.3-1)$$

где d_{pin} — диаметр пальца, м (см. рис. 6.5.4-3);

для ползуна:

$$k_{scale} = \frac{1}{1 + k_b(100b_{ch} - 1)}, \quad (6.5.5.3-2)$$

где b_{ch} — поперечный размер выступа ползуна, м (см. рис. 6.5.4-2);
 k_b — коэффициент, значения которого представлены в табл. 6.5.5.3.

Таблица 6.5.5.3

№ п/п	Материал	Значения коэффициента k_b
1	Углеродистая сталь	0,005
2	Легированная сталь	0,01
3	Чугун с шаровидным графитом	0,016
4	Модифицированный чугун	0,03
5	Серый чугун	0,25

6.5.5.4 Коэффициент L/G рассчитывается следующим образом:

для пальца:

$$L/G = \frac{10^3 r}{[2,3/(10^3 r)] + [2/(10^3 d_{pin})]}, \quad (6.5.5.4-1)$$

где r , d_{pin} — размеры согласно рис. 6.5.4-3, м;

для ползуна:

$$L/G = \frac{10^3 r}{[2,3/(10^3 r)] + [2/(10^3 b_{ch})]}, \quad (6.5.5.4-2)$$

где r и b_{ch} — размеры согласно рис. 6.5.4-2, м.

6.5.5.5 Коэффициент k_{surf} , учитывающий обработку и состояние поверхности.

Значения коэффициента k_{surf} представлены в табл. 6.5.5.5.

Таблица 6.5.5.5

№ п/п	Способ обработки поверхности	Коэффициент k_{surf}
1	Шлифование	0,05
2	Тонкая обточка	0,12
3	Грубая обточка	0,20

6.5.6 Требования к материалам элементов МИШ.

6.5.6.1 В качестве основного материала для изготовления деталей МИШ должна использоваться сталь, отвечающая требованиям 3.7 и 3.8 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов. Применение чугуна может быть допущено только при специальном согласовании с Регистром результатов испытаний на ударную вязкость и усталостную прочность.

6.5.6.2 Средняя величина предела усталостной прочности материала $\sigma_{-}(N)$, определяемая на гладких стандартных образцах диаметром $d \approx 10$ мм при симметричном цикле нагружения вращательным изгибом и при числе циклов нагружения $N = (1 \div 5)10^6$, не должна быть ниже определяемой из условия

$$\sigma_{-}(N) \geq 0,4\sigma_u(5 \cdot 10^6 / N)^{1/8},$$

где σ_u — временное сопротивление материала (минимальное значение).

Число испытываемых образцов должно быть не менее 10.

Коэффициент изменчивости v результатов определения $\sigma_{-}(N)$ (отношение среднеквадратичного отклонения к среднему значению) при указанном числе испытанных образцов должен быть не более 0,07.

6.5.6.3 В соответствии с требованиями разд. 3 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов отливки, используемые для деталей МИШ, не должны иметь дефектов, отрицательно влияющих на применение их по назначению. Критерии оценки и размеры допускаемых дефектов подлежат согласованию с Регистром в составе проектно-технической документации на изделие.

**ПРОЕКТ НОВОЙ РЕДАКЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ
КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ
(ИЗД. 2003 Г.) К ПРОЧНОСТИ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ГЛАВНЫХ САУС, НАХОДЯЩИХСЯ В ПОТОКЕ СИЛОВЫХ
ЛИНИЙ, С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРНОГО РАЗМЕРА ЭЛЕМЕНТА
(ДЕТАЛИ), ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛА В СОСТАВЕ ДАННОГО ЭЛЕМЕНТА, А ТАКЖЕ
КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ**

ЧАСТЬ VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

7 СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ

7.2 ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ

7.2.6 Общие требования.

Основные детали главных САУС (детали механизма поворота, детали корпуса и крепления составных частей, валов, зубчатых передач, детали ВРШ), находящиеся в потоке силовых линий, должны быть рассчитаны на пирамидальную прочность таким образом, чтобы они могли выдержать без повреждения нагрузку, вызывающую поломку лопасти гребного винта, указанную в 6.5.2.1. Соответствующие требования представлены в 7.2.7.

Рекомендуется выполнить проверку усталостной прочности от эксплуатационных гидродинамических и ледовых нагрузок, действующих на гребной винт и корпус САУС. Проверка усталостной прочности должна быть выполнена по согласованной с Регистром методике.

7.2.7 Проверка пирамидальной прочности элементов главных САУС.

7.2.7.1 Пирамидальная прочность должна быть проверена из условия обеспечения допустимых номинальных напряжений и допустимых упругопластических деформаций в местах концентрации напряжений для варианта нагрузки от поломки лопасти, приводящего к наиболее нагруженному состоянию проверяемых элементов главных САУС. Соответствующие требования представлены в 7.2.7.2 и 7.2.7.3.

7.2.7.2 Требования к номинальным напряжениям в основных деталях главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, при действии на них усилий от поломки лопасти гребного винта.

При действии нагрузки от поломки лопасти номинальные эквивалентные напряжения Мизеса (без учета коэффициента концентрации напряжений) в проверяемых элементах главных САУС не должны превышать 0,8 минимального предела текучести (или минимальный условный предел текучести), гарантируемого техническими условиями на его поставку.

7.2.7.3 Требования к упругопластическим деформациям в основных деталях главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, при действии на них усилий от поломки лопасти гребного винта.

7.2.7.3.1 При обеспечении пирамидальной прочности основных деталей главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, их напряженное состояние должно быть рассмотрено с учетом концентраторов напряжений.

7.2.7.3.2 Для основных деталей главных САУС, находящихся в потоке силовых линий, при действии на них усилий от поломки лопасти гребного винта расчетные значения упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений не должны превышать допустимых значений $k_{safety}\varepsilon_{cr}$.

$$\varepsilon \leq k_{safety}\varepsilon_{cr}, \quad (7.2.7.3.2)$$

где k_{safety} — коэффициент безопасности, учитывающий вероятностно-статистический разброс физико-механических характеристик материала в отливках деталей;

$k_{safety} = 0,7$ при $(\sigma_{0,2})_{\min} \geq 0,6(\sigma_u)_{\min}$ (мартенситные стали);

$k_{safety} = 0,83$ при $(\sigma_{0,2})_{\min} < 0,6(\sigma_u)_{\min}$ (аустенитные стали);

$(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести (или минимальный условный предел текучести) материала элемента МИШ, гарантируемый техническими условиями на его поставку;

$(\sigma_u)_{\min}$ — минимальная величина временного сопротивления (или предела прочности на разрыв) материала элемента МИШ, гарантируемая техническими условиями на его поставку.

Расчетное значение упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений должно определяться в соответствии с требованием 7.2.7.3.3. Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации для материала должно определяться в соответствии с требованием 7.2.7.3.4.

7.2.7.3.3 Расчетное значение упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений определяется по формуле

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma_{tensile}^2}{BE} \right)^{1/(n+1)}, \quad (7.2.7.3.3-1)$$

где $\sigma_{tensile} = (k_{stress})_{th}\sigma_{eq}$ — наибольшее напряжение для концентратора напряжения при упругом нагружении, соответствующее действию предельной нагрузки от поломки лопасти, МПа;

$(k_{stress})_{th}$ — теоретический коэффициент концентрации напряжений для упругой области нагружения;

σ_{eq} — номинальное расчетное напряжение Мизеса (эквивалентное), соответствующее действию предельной нагрузки от поломки лопасти, МПа.

n — показатель Людвига;

B — коэффициент в соответствии с уравнением Людвига-Холломона $\sigma = B\varepsilon^n$ для определения взаимозависимости «напряжение (σ) — деформация (ε)» в зоне упругопластического деформирования;

E — модуль Юнга, МПа.

Показатель Людвига n определяется по формуле

$$n = 1,157 \ln(1 + \delta_u) + 0,002, \quad (7.2.7.3.3-2)$$

где δ_u — равномерное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении.

Равномерное относительное удлинение стандартного образца δ_u определяется по формуле

$$\delta_u \cong 0,7\delta_{\min}, \quad (7.2.7.3.3-3)$$

где $\delta_{\min}$ — минимальное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении, требуемое в соответствии с техническими условиями.

Коэффициент B определяется по формуле

$$B = (\sigma_{0,2})_{\min} / (0,002)^n, \quad (7.2.7.3.3-4)$$

где $(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести материала (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа.

Для определения коэффициента концентрации напряжения $(k_{stress})_{th}$ в упругой зоне нагружения могут быть использованы известные аналитические решения.

Для определения расчетного значения упругопластической деформации ε в районах концентрации напряжений по формуле (7.2.7.3.3-1) напряжение $\sigma_{tensile}$ в упругой зоне нагружения может определяться методом конечных элементов по одобренной Регистром программе.

7.2.7.3.4 Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации.

Критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формулам (7.2.7.3.4-1) или (7.2.7.3.4-2) в зависимости от вида материала.

Для мартенситных сталей критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формуле

$$\varepsilon_{cr} \cong 6,4 \frac{\sqrt{KV}}{(\sigma_{0,2})_{\min}} \frac{1}{t^{0,5}} \ln(1 + \delta_{\min}) \text{ при } (\sigma_{0,2})_{\min} \geq 0,6(\sigma_u)_{\min}. \quad (7.2.7.3.4-1)$$

Для аустенитных сталей критическое значение ε_{cr} упругопластической деформации определяется по формуле

$$\varepsilon_{cr} \cong 1,3 \left[\frac{(KV)^{0,2}}{(\sigma_{0,2})_{\min}^{0,4}} \right] \frac{1}{t^{0,5}} \ln(1 + \delta_{\min}) \text{ при } (\sigma_{0,2})_{\min} \leq 0,6(\sigma_u)_{\min}, \quad (7.2.7.3.4-2)$$

где $(\sigma_{0,2})_{\min}$ — минимальный предел текучести (или минимальный условный предел текучести), гарантируемый техническими условиями на его поставку, МПа;

$(\sigma_u)_{\min}$ — минимальная величина временного сопротивления (или предела прочности на разрыв), гарантируемая техническими условиями на его поставку, МПа;

KV — работа удара по Шарпи, Дж;

$\delta_{\min}$ — минимальное относительное удлинение стандартного образца при одноосном растяжении, требуемое в соответствии с техническими условиями;
 t — характерная толщина детали, м.

В качестве характерной толщины детали t используется ее максимальная толщина для расчетного сечения.

Представленный материал является результатом научно-исследовательской работы (НИР), выполненной по Договору № РС-39/2003 между Институтом проблем машиноведения Российской Академии Наук (ИПМаш РАН) и Главным управлением Регистра (ГУР) на тему «Разработка формул для расчета допускаемых напряжений от крутильных колебаний коленчатых валов судовых дизелей с целью корректировки требований 8.2 части VII «Механические установки» Правил РС». В основу проекта требований легло предварительное исследование проблемы и обоснование необходимости корректировки существующих требований 8.2, которые были произведены в ходе выполнения НИР по Договору № РС-38/2002 между ИПМаш РАН и ГУР на тему «Разработка предложений по совершенствованию Правил РС и Унифицированных требований МАКО в части определения допускаемых напряжений от крутильных колебаний коленчатых валов ДВС».

При разработке данного проекта требований использовались следующие источники:

Ефремов Л. В. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка предложений по совершенствованию требований Правил РС и унифицированных требований МАКО в части определения допускаемых напряжений от крутильных колебаний коленчатых валов ДВС» № РС-38/2002, Институт проблем машиноведения Российской академии наук. — СПб., 2002;

Ефремов Л. В. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка формул для расчета крутильных колебаний коленчатых валов судовых дизелей с целью корректировки требований 8.2 части VII «Механические установки» Правил РС» № РС-39/2003, Институт проблем машиноведения Российской академии наук. — СПб., 2002.

Работы выполнялись под руководством заведующего лабораторией методов и средств измерений доктора технических наук, профессора Л. В. Ефремова при активном участии авторитетного специалиста в области крутильных колебаний дизельных установок, старшего научного сотрудника ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, кандидата технических наук Г. И. Бухариной. В формулировании проблемы и подготовке проекта требований к изданию принимал участие заместитель начальника отдела механического оборудования и систем ГУР М. Ю. Иванов.

ЧАСТЬ VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

8 КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

8.2 ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС

8.2.1 Суммарные напряжения от крутильных колебаний коленчатых валов главных двигателей и приводных двигателей вспомогательных механизмов ответственного назначения при длительной работе не должны превышать допускаемых значений τ_1 , устанавливаемых изготовителем ДВС. Сведения о величине допускаемых напряжений τ_1 должны указываться изготовителем в технической документации ДВС, представляемой на одобрение Регистру (см. 1.2.3.1.1 или 1.2.3.1.20 части IX «Механизмы» Правил классификации и постройки морских судов).

8.2.2 При отсутствии указанных в 8.2.1 данных изготовителя ДВС о величине τ_1 суммарные напряжения от крутильных колебаний для длительной работы в диапазонах частот вращения, приведенных в табл. 8.2.4.1, не должны превышать значений, определяемых по следующей формуле:

$$\tau_1 = \frac{R_m + 100}{10,858 C_{\text{КВ}} \sqrt[5]{n/n_p}}, \quad (8.2.2-1)$$

где τ_1 — допускаемые напряжения для длительной работы (см. табл. 8.2.4.1), МПа;

R_m — временное сопротивление материала вала, МПа;

n_p и n — расчетная и исследуемая частоты вращения, об/мин;

$C_{\text{кв}}$ — коэффициент влияния конструктивно-технологических характеристик коленчатого вала на его усталостную прочность при кручении, определяемый по следующей формуле:

$$C_{\text{кв}} = \left[\frac{2 + \frac{0,305}{\sqrt{\rho(1+3,6\rho)}}}{1 + \left(\frac{\rho^{-1+1,74}}{0,031d^2}\right)(0,3 - 0,00015R_m)} + \lg\left(\frac{R_m}{200}\right) \frac{\lg(R_Z)}{8} \right] \frac{1}{K_{\text{упр}}K_{\text{л}}}, \quad (8.2.2-2)$$

где d — минимальный диаметр шейки коленчатого вала, мм;

R_Z — шероховатость поверхности галтели на переходе от шейки к щеке коленчатого вала, мкм;

$K_{\text{упр}}$ — коэффициент упрочнения коленчатого вала;

$K_{\text{л}}$ — коэффициент марки стали;

ρ — относительный радиус галтели на переходе от шейки к щеке, мкм, определяемый по данным о радиусе галтели r_g , мм, по следующей формуле:

$$\rho = r_g/d. \quad (8.2.2-3)$$

При отсутствии данных о величине r_g принимается значение $\rho = 0,07$.

Коэффициент упрочнения $K_{\text{упр}}$ принимается по данным предприятия-изготовителя или по справочным данным в зависимости от технологии упрочнения поверхности галтели (как правило, в диапазоне значений от 1 до 1,3). При отсутствии таких данных принимается значение $K_{\text{упр}} = 1$.

Значение шероховатости поверхности галтели R_Z определяется по чертежу коленчатого вала, а при отсутствии данных допускается принимать $R_Z = 1$.

Значение коэффициента марки стали принимается: $K_{\text{л}} = 1$ при $R_m \leq 900$ МПа и $K_{\text{л}} = 1 - 0,41 \ln(R_m/900)$ при $R_m > 900$ МПа.

Если известны только минимальный диаметр шейки d и временное сопротивление материала вала R_m , то для определения $C_{\text{кв}}$, допускается применять следующую формулу:

$$C_{\text{кв}} = \frac{3,252}{K_{\text{л}}[1 + (701/d^2)^{(0,3 - 0,00015R_m)}]}. \quad (8.2.2-4)$$

8.2.3 В зонах частот вращения, используемых для кратковременной работы двигателя на переходе к рабочим зонам частот вращения, суммарные и резонансные напряжения могут превышать значения τ_1 , но не должны выходить за предел выносливости материала вала τ_2 , МПа, (соответствующий базовому числу циклов при испытаниях образцов), определяемый по следующей формуле:

$$\tau_2 = \frac{R_m + 100}{4C_{\text{кв}}}. \quad (8.2.3)$$

8.2.4 В случаях, указанных в 8.2.3, должны назначаться запретные зоны частот вращения в соответствии с требованиями 8.8. В рабочих зонах частот вращения, предназначенных для длительной работы (см. таблицу 8.2.4), назначение запретных зон не допускается.

Таблица 8.2.4

Зоны частот вращения ДВС, предназначенные для длительной работы

Назначение судна	Назначение ДВС и режим работы	Потребитель энергии ДВС	Характеристика работы ДВС	Рабочая зона частоты вращения
Транспортное	Главный	ВФШ	Винтовая	$(0,9 - 1,05)n_p$
Рыболовное, буксирное и другое	Главный. Работа на долевых режимах	ВФШ	Винтовая	$(0,3 - 1,05)n_p^*$
Рыболовное, буксирное и другие	Главный. Работа при постоянной расчетной частоте вращения	ВРШ с отбором мощности на генераторы	Нагрузочная	$(0,9 - 1,05)n_p$
Рыболовное, буксирное и другие	Главный. Работа на долевых режимах	ВРШ	Смешанная	$(0,3 - 1,05)n_p^*$
Ледоколы и суда с ледовыми усилениями категорий ЛУ4 — ЛУ9	Главный. Работа на долевых режимах	ВФШ, ВРШ	Винтовая	$(0,7 - 1,05)n_p$
Все типы судов	Главный и вспомогательный	Генераторы (главные и вспомогательные)	Нагрузочная	$(0,9 - 1,05)n_p$
Примечание. Значком * указаны зоны для длительной работы, которые уточняются с учетом особенностей режимов работы рассматриваемого судна в зависимости от его назначения (например, при ходе с тралом или при буксировке другого судна).				

Инструкция по определению технического состояния и ремонту корпусов стальных плавучих доков разработана по заказу ФГУ «Российский морской регистр судоходства» Морским инженерным бюро (руководитель разработки д.т.н. В.В. Козляков) и предназначена для определения технического состояния корпуса на основе требований действующих Правил классификации и постройки морских судов. Определение технического состояния корпуса базируется на нормировании допускаемых значений прочностных характеристик корпуса дока с учетом возможных эксплуатационных ограничений. В инструкции приведены указания по оформлению отчета по замерам параметров корпуса с дефектами и рекомендации по ремонту корпусных конструкций дока.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕМОНТУ КОРПУСОВ СТАЛЬНЫХ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.1.1 Инструкция по определению технического состояния и ремонту стальных плавучих доков¹ предназначена для определения технического состояния и ремонта корпусов стальных плавучих доков, находящихся под наблюдением Российского морского регистра судоходства.

Для доков, назначение, размеры и конструкция которых не соответствуют области распространения Правил классификации и постройки морских судов², применение настоящей Инструкции является предметом специального рассмотрения Регистром.

1.1.2 Положения настоящей Инструкции установлены из условия обеспечения безопасной эксплуатации дока как для 5-ти лет между очередными освидетельствованиями, так и в любой момент времени на период не менее 5 лет.

1.1.3 Применение настоящей Инструкции обязательно при определении технического состояния и объемов ремонта корпуса дока. Определение технического состояния и ремонт корпусных конструкций общесудового назначения следует выполнять в соответствии с положениями Инструкции по определению технического состояния, обновлению и ремонту корпусов морских судов (см. приложение 2 к Правилам классификационных освидетельствований судов).

1.1.4 Применение настоящей Инструкции рекомендуется при выполнении ремонта корпуса дока.

1.1.5 Положения настоящей Инструкции распространяются на следующие дефекты в конструкциях корпусов доков:

- износы;
- остаточные деформации;
- трещины.

1.1.5.1 В настоящей Инструкции регламентируются следующие виды износов: общий износ;

¹ В дальнейшем — настоящая Инструкция.

² В дальнейшем — Правила.

местный износ;
язвенный износ.

В настоящей Инструкции регламентируются следующие разновидности местного износа:
износ пятнами;
линейный износ;
канавочный износ.

1.1.5.2 В настоящей Инструкции регламентируются следующие виды остаточных деформаций:

бухтины;
гофрировки;
вмятины;
выпучины.

1.1.5.3 Положения настоящей Инструкции применимы к усталостным трещинам и разрывам.

1.1.6 В отдельных случаях, при наличии согласованных с Регистром обоснований, допускаются отступления от положений настоящей Инструкции.

1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.2.1 В настоящей Инструкции приняты следующие определения.

Балка набора — балка основного или рамного набора.

Бухтина — остаточный прогиб отдельного участка листа между балками набора (рис. 1.2.1-1).

Вмятина — остаточный прогиб листа или его участка совместно с балками набора (рис. 1.2.1-1).

Выпучина — остаточный прогиб участка стенки балки набора или участка подкрепляющего листового элемента в районе вмятины (рис. 1.2.1-1).

Гофрировка — остаточные прогибы нескольких смежных участков листа между балками набора (рис. 1.2.1-1).

Дефект — изменение размеров, формы или нарушение целостности элемента корпуса в процессе эксплуатации дока.

Дефектация — освидетельствование элементов корпуса для установления видов дефектов в них, сопровождающееся инструментальным определением и регистрацией численных параметров дефектов.

Деформация остаточная — изменение первоначальной формы элемента корпуса в процессе эксплуатации дока вследствие перегрузок или износов.

Износ — уменьшение толщины элемента корпуса в процессе эксплуатации дока вследствие коррозии и/или истирания.

Износ канавочный — уменьшение толщины листа или балки набора в виде канавки (рис. 1.2.1-2).

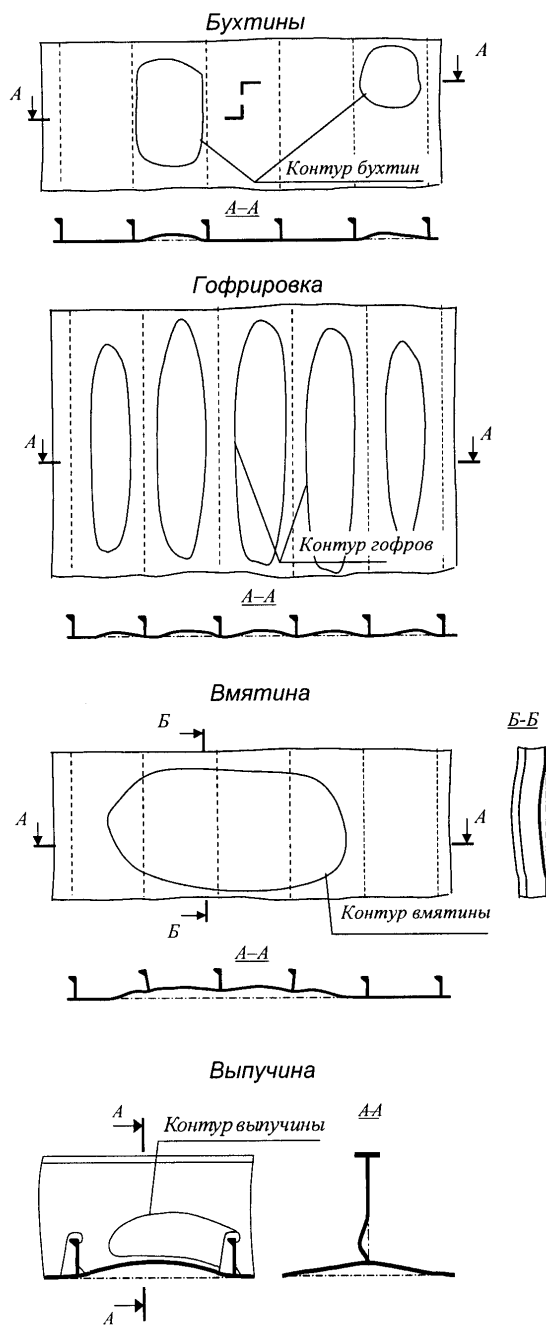
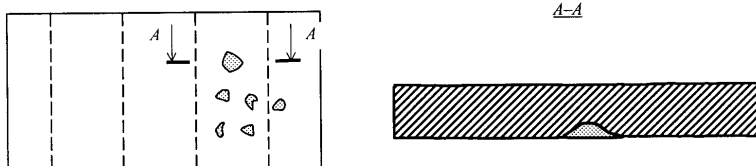
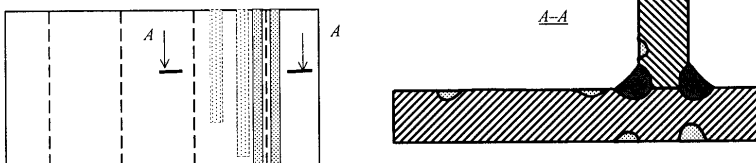


Рис. 1.2.1-1 Виды остаточных деформаций

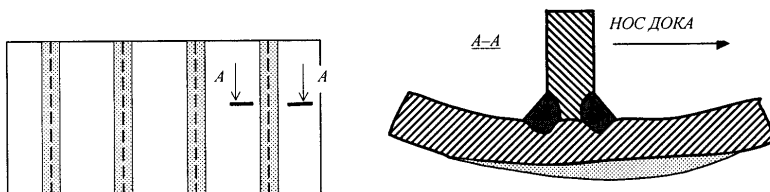
Язвенный износ



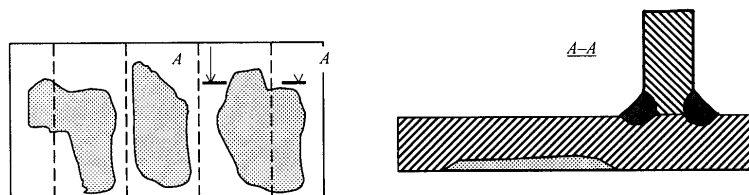
Канавочный износ



Линейный износ



Износ пятнами



Общий износ

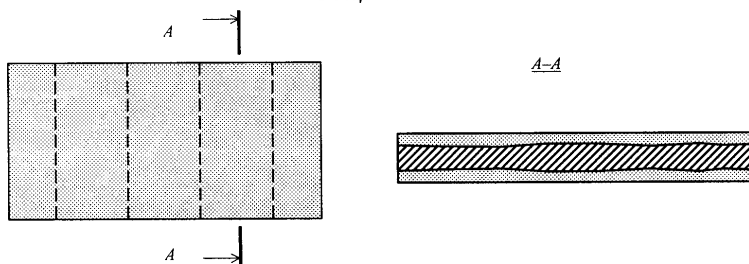


Рис. 1.2.1-2 Виды износов

Износ линейный — уменьшение толщины листа на узкой полосе вдоль линий приварки балок набора (рис. 1.2.1-2).

Износ местный — повышенное уменьшение толщины отдельных участков элемента корпуса.

Износ общий — примерно одинаковое уменьшение толщины всего элемента корпуса (рис. 1.2.1-2).

Износ пятнами — повышенное уменьшение толщины листа в отдельных ячейках или участка стенки балки набора (рис. 1.2.1-2).

Износ язвенный — повышенное локальное уменьшение толщины элемента корпуса в виде отдельных питтингов, раковин и т. п. (1.2.1-2).

Лист — ограниченный сварными швами элемент наружной обшивки, обшивки внутреннего борта, переборки, настила палуб и платформ.

Листы однородные — листы настила палуб, обшивки днища, башен, продольных переборок в средней части понтона дока.

Повреждение — дефект, параметры которого не удовлетворяют нормативам.

Подкрепление местное — ребро жесткости/кница/бракета, обеспечивающие прочность, жесткость, устойчивость ячейки листа, стенки рамной балки, а также стойка в понтоне, башне, цистерне и т. п.

Разрыв — нарушение целостности элемента корпуса в процессе эксплуатации дока вследствие исчерпания запаса пластичности материала.

Район усиления — район корпуса дока, в котором Правилами регламентируются дополнительные усиления конструкций.

Средство измерения — техническое средство, предназначенное для замера параметров дефектов и имеющее нормированные метрологические свойства.

Сталь повышенной прочности — сталь с пределом текучести более 235 МПа.

Толщина остаточная — толщина элемента корпуса, полученная на основании замеров.

Толщина построечная — первоначальная толщина элемента корпуса, указанная на отчетных чертежах корпуса дока.

Толщина требуемая — толщина элемента корпуса, требуемая вновь изданными Правилами для нового дока.

Трещина — нарушение целостности элемента корпуса в процессе эксплуатации дока вследствие усталости материала.

Элемент корпуса — лист, балка набора, сварной шов, заклепочное соединение, соединительный элемент, местное подкрепление.

Элемент соединительный — кница, бракета, заделка, накладная планка и т. п., обеспечивающая соединение балок набора в корпусе.

Ячейка листа (листовой элемент) — участок листа, ограниченный смежными балками набора, примыкающими листами, конструкциями.

Непрерывная система технического обслуживания — оценка технического состояния в любой момент времени $T_1 < T$, где $T = 50$ лет — плановый срок службы дока.

1.2.2 Определения, не упомянутые в настоящей главе, приводятся в Правилах классификации и постройки морских судов и Правилах классификационных освидетельствований судов.

2 УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ДОКА

2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1.1 Техническое состояние корпуса дока — совокупность параметров, определяющих прочность, жесткость, непроницаемость корпуса и изменяющихся вследствие возникновения и развития дефектов в процессе эксплуатации.

2.1.2 Техническое состояние корпуса дока устанавливается по результатам сопоставления величин параметров его элементов с дефектами, определяемых при дефектации в соответствии с разд. 3, с нормативами приведенными в разд. 4 настоящей Инструкции. Устанавливаются следующие виды технического состояния корпуса дока: "ГОДЕН", "ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ", "НЕ ГОДЕН".

"ГОДЕН" — для корпуса дока, численные параметры элементов которого удовлетворяют в совокупности нормативам, определенным для существующего класса дока.

"ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ" — для корпуса дока, численные параметры элементов которого удовлетворяют в совокупности нормативам, определенным для ограниченных по сравнению с проектным уровнем условиям эксплуатации и периодичностью освидетельствования дока.

Ограничения могут быть следующими:

по уменьшению грузоподъемности и предельной глубины погружения в зависимости от технического состояния дока;

по сокращению срока эксплуатации дока до следующего освидетельствования на основе остаточного ресурса конструкций;

по допускаемой водотечности отсеков;

по ограничениям размеров и относительной жесткости докуемых судов.

"НЕ ГОДЕН" — для корпуса дока, численные параметры элементов которого не удовлетворяют нормативам, определенным для существующего класса или ограниченных по сравнению с ним условиями эксплуатации и периодичностью освидетельствований дока.

Элементы корпуса, не удовлетворяющие нормативам, подлежат ремонту. При выполнении ремонта корпуса рекомендуется руководствоваться положениями разд. 5 настоящей Инструкции.

2.1.3 Определение технического состояния корпуса дока производится периодически в сроки и объемах, определенных Правилами классификационных освидетельствований судов.

2.1.4 Для определения вида технического состояния корпуса необходимо проверить следующие элементы на выполнение условий, содержащихся в 2.2 — 2.4:

- листы;
- балки набора;
- сварные швы;
- заклепочные соединения;
- болтовое соединение;
- соединительные элементы;
- местные подкрепления.

Для всех доков необходимо проверять не только интегральные характеристики поперечных сечений корпуса, но и продольных сечений понтонов.

Условия 2.2 — 2.4 сформулированы для видов технического состояния "ГОДЕН" и "ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ" в зависимости от нормативов, установленных в соответствии с разд. 4 настоящей Инструкции.

2.1.5 Результаты оценки технического состояния корпуса должны быть оформлены владельцем дока в виде отчета, принятого к сведению Регистром. В отчете должна содержаться следующая информация:

- общие данные о доке;

- результаты проверки продольной и поперечной прочности дока (в необходимых случаях);

- таблица элементов корпуса, которая должна содержать построечные толщины, в необходимых случаях толщины, требуемые вновь изданными Правилами постройки, коэффициенты для определения допускаемых остаточных толщин при общем и местном износах и величины этих толщин, остаточные толщины при общем и местном износах по результатам дефектации корпуса, а также заключение о необходимости ремонта и методы его выполнения;

- сведения о язвенном износе элементов корпуса, износе сварных швов заклепочных и сварных соединений, соединительных элементов и местных подкреплений, а также о нормативных величинах их остаточных толщин и заключение о необходимости ремонта и методах его выполнения;

- сведения об остаточных деформациях элементов корпуса, нормативных величинах параметров деформаций, заключение о необходимости ремонта и методах его выполнения;

- сведения о трещинах в элементах корпуса и методах их ремонта.

2.1.5.1 В комментариях к таблицам указываются:

номера отчетных чертежей, в соответствии с которыми в таблицах приведены построчные толщины элементов корпуса;

номер и наименование документа, в соответствии с которым в таблице приведены нормативы для элементов корпуса с дефектами, наименование организации его выпустившей, а также дата и номер письма Регистра о его согласовании;

номер и наименование отчета согласно 3.1.8, в соответствии с которым в таблицах приведены параметры элементов корпуса с дефектами, наименование организации его выпустившей, а также дату его согласования с Регистром;

заключение о техническом состоянии корпуса дока;

место и дата ремонта корпуса в случае его выполнения.

2.1.5.2 Таблицы должны быть рассмотрены Регистром с постановкой соответствующего штампа. С целью упрощения подготовки отчетной документации и избежания повторений допускаются различные комбинации таблиц. Отсутствие какой-либо части указанной выше информации должно быть обосновано и согласовано с Регистром.

2.1.5.3 В необходимых случаях к отчету должны быть приложены следующие документы или их копии:

пояснительная записка с расчетами продольной и поперечной прочности корпуса дока (в необходимых случаях);

набор элементов корпуса согласно требованиям Правил;

отчет о дефектации элементов корпуса;

основные конструктивные чертежи.

2.1.6 Техническое состояние корпуса должно быть зафиксировано инспекцией Регистра в акте освидетельствования корпуса. Акт оформляется в соответствии с установленной в Регистре процедурой.

2.1.7 Комплект отчетных документов по техническому состоянию корпуса дока, требуемых настоящей Инструкцией и Правилами классификационных освидетельствований судов, должен храниться на доке, у владельца дока и в инспекции Регистра, осуществляющей техническое наблюдение за судном и/или его ремонтом.

2.2 КОНСТРУКЦИИ С ИЗНОСАМИ

2.2.1 Характеристики поперечного сечения корпуса.

2.2.1.1 На доках, имеющих неизменный класс Регистра с постройки, характеристики поперечного сечения корпуса подлежат проверке при выполнении следующего условия:

средняя остаточная толщина однородных листов настила расчетной палубы, обшивки днища, бортов в средней части дока составляет менее 90 % от построечной толщины.

2.2.1.2 Поперечное сечение в средней части дока, а так же вне ее при изменении конструкции или материала должно удовлетворять следующему условию:

$$W'_{n(\text{дн})} \geq [W_{n(\text{дн})}] , \quad (2.2.1.2)$$

где $W'_{n(\text{дн})}$ — остаточный момент сопротивления поперечного сечения, определяемый в соответствии с 3.2.2;

$[W_{n(\text{дн})}]$ — допускаемый момент сопротивления поперечного сечения к моменту последней дефектации, определяемый согласно 4.2.1.1.

2.2.1.3 При непрерывной системе технического обслуживания в момент времени $T_1 < T$

$$W'_{n(\text{дн})} \geq [W_{n(\text{дн})}(T_1)] , \quad (2.2.1.3)$$

где $[W_{n(\text{дн})}(T_1)]$ — определяется согласно 4.2.1.2.

2.2.2 Характеристики продольных и поперечных сечений понтона.

2.2.2.1 Остаточный момент сопротивления стпель-палубы и днища

$$W'_n \geq [W_n] , \quad (2.2.2.1)$$

где W'_n — остаточный момент сопротивления стпель-палубы или днища, определяемый в соответствии с 3.2.2;

$[W_n]$ — допускаемый момент сопротивления главных поперечных и продольных сечений понтона к моменту последней дефектации, определяемый в соответствии с 4.2.2.1.

2.2.2.2 При непрерывной системе технического обслуживания в момент времени $T_1 < T$.

$$W'_n \geq [W_n(T_1)] , \quad (2.2.2.2)$$

где $[W_n(T_1)]$ — допускаемый остаточный момент сопротивления, определяемый согласно 4.2.2.2.

2.2.2.3 Остаточная площадь стенки главной поперечной или продольной связи понтона

$$f_{\text{ст}} \geq [f_{\text{ст}}] , \quad (2.2.2.3)$$

где $f_{\text{ст}}$ — остаточная площадь стенки главной поперечной или продольной связи понтона;

$[f_{\text{ст}}]$ — допускаемая площадь стенки, см^2 , главной поперечной связи понтона к моменту последней дефектации, определяемая в соответствии с 4.2.2.3.

2.2.2.4 При непрерывной системе технического обслуживания при $T_1 < T$

$$f_{\text{ст}} \geq [f_{\text{ст}}(T_1)] , \quad (2.2.2.4)$$

где $[f_{\text{ст}}(T_1)]$ — допускаемая площадь поперечного сечения стенки главных поперечных связей понтона в момент времени $T_1 < T$, определяемая согласно 4.2.2.4.

2.2.3 Листы.

2.2.3.1 При общем износе лист должен удовлетворять следующему условию:

$$S'_1 \geq [S_1], \quad (2.2.3.1)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина листа, определяемая в соответствии с 3.2.3.1;

$[S_1]$ — допускаемая остаточная толщина листа к моменту последней дефектации, определяемая согласно 4.2.3.1.

2.2.3.2 При непрерывной системе технического обслуживания при $T_1 < T$

$$S'_1 \geq [S_1(T_1)], \quad (2.2.3.2)$$

где $[S_1(T_1)]$ — допускаемая остаточная толщина листа, определяемая по формуле (4.2.3.2-1).

2.2.3.3 При местном износе участок листа должен удовлетворять следующему условию:

$$S'_3 \geq [S_3], \quad (2.2.3.3)$$

где S'_3 — средняя остаточная толщина участка листа, определяемая в соответствии с 3.2.3.2;

$[S_3]$ — допускаемая остаточная толщина участка листа, определяемая по формуле (4.2.3.2-2).

2.2.3.4 При язвенном износе лист должен удовлетворять условию

$$S'_4 \geq [S_4], \quad (2.2.3.4)$$

где S'_4 — остаточная толщина листа в язвине, определяемая в соответствии с 3.2.3.3;

$[S_4]$ — допускаемая остаточная толщина листа в язвине, определяемая по формуле (4.2.3.3).

2.2.4 Балки набора.

2.2.4.1 При общем износе поперечное сечение балки набора должно удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{aligned} W'_1 &\geq [W'_1]; \\ f'_1 &\geq [f'_1]; \\ S'_1 &\geq [S'_1], \end{aligned} \quad (2.2.4.1)$$

где W'_1, f'_1, S'_1 — остаточные момент сопротивления поперечного сечения с присоединенным пояском, площадь поперечного сечения стенки и средняя толщина стенки балки набора, определяемые согласно 3.2.4.1;

$[W'_1], [f'_1], [S'_1]$ — допускаемые остаточные момент сопротивления поперечного сечения, площадь поперечного сечения стенки, толщина стенки балки набора, определяемые в соответствии с 4.2.3.1, 4.2.4.1, 4.2.4.3.

Проверке по формуле (2.2.4.1) подлежат только те характеристики поперечного сечения балок набора, которые регламентируются Правилами.

2.2.4.2 При непрерывной системе технического обслуживания при $T_1 < T$

$$\begin{aligned} W'_1 &\geq [W'_1(T_1)]; \\ f'_1 &\geq [f'_1(T_1)]; \\ S'_1 &\geq [S'_1(T_1)], \end{aligned} \quad (2.2.4.2)$$

где $[W_1(T_1)]$, $[f_1(T_1)]$, $[S'_1(T_1)]$ — допускаемый остаточный момент сопротивления балок основного и рамного набора поперечного сечения, допускаемая остаточная площадь поперечного сечения балки, средняя допускаемая остаточная толщина стенки набора определяются в соответствии с (4.2.3.1), 4.2.4.2; 4.2.4.4.

2.2.4.3 При местном износе участок элемента балки набора должен удовлетворять следующему условию:

$$S'_3 \geq [S_3], \quad (2.2.4.3)$$

где S'_3 — средняя остаточная толщина участка элемента балки набора, определяемая согласно 3.2.4.2;

$[S_3]$ — допускаемая остаточная толщина участка элемента балки набора, определяемая в соответствии с 4.2.4.5.

2.2.4.4 При язвенном износе элемент балки набора должен удовлетворять следующему условию:

$$S'_4 \geq [S_4], \quad (2.2.4.4)$$

где S'_4 — остаточная толщина элемента балки набора в язвине, определяемая согласно 3.2.3.3;

$[S_4]$ — допускаемая остаточная толщина элемента балки набора в язвине, определяемая в соответствии с 4.2.3.3.

Настоящее положение применимо только к балкам набора, обеспечивающим непроницаемость конструкций.

2.2.5 Раскосы, стойки, распорки.

2.2.5.1 Остаточная площадь сечений раскосов, стоек, распорок S должна удовлетворять следующему условию:

$$S \geq [S], \quad (2.2.5.1)$$

где $[S]$ — допускаемая площадь сечения, определяемая согласно 4.2.5.1.

2.2.5.2 При непрерывной системе технического обслуживания в момент времени $T_1 < T$

$$S \geq [S(T_1)], \quad (2.2.5.2)$$

где $[S(T_1)]$ — допускаемая площадь сечения, определяемая в соответствии с 4.2.5.2.

2.2.6 Сварные швы и заклепочные соединения.

2.2.6.1 При износе на протяжении свыше 0,3 м сварные швы, состояние которых устанавливается в соответствии с 3.2.5.1, должны удовлетворять положениям 4.2.6.1.

2.2.6.2 При износе на протяжении от 0,1 м до 0,3 м сварные швы должны удовлетворять следующему условию:

$$S'_3 \geq [S_3^*], \quad (2.2.6.2)$$

где S'_3 — средняя остаточная толщина сварного шва, определяемая согласно 3.2.5.2;

$[S_3^*]$ — допускаемая остаточная толщина сварного шва, определяемая в соответствии с 4.2.6.2.

2.2.6.3 При износе на протяжении до 0,1 м сварные швы должны удовлетворять следующему условию:

$$S'_4 \geq [S_4], \quad (2.2.6.3)$$

где S'_4 — остаточная толщина сварного шва, определяемая согласно 3.2.5.3;

$[S_4]$ — допускаемая остаточная толщина сварного шва, определяемая в соответствии с 4.2.6.3.

2.2.6.4 Изношенные заклепочные соединения, состояние которых устанавливается согласно 3.2.5.4, должны удовлетворять положениям 4.2.6.4. Соединения должны быть непроницаемыми в конструкциях, для которых это требуется.

2.2.6.5 Допускаемый износ гаек и головок болтов определяется в соответствии с 4.2.6.5.

2.2.7 Соединительные элементы и местные подкрепления.

2.2.7.1 При общем износе соединительные элементы, состояние которых устанавливается согласно 3.2.6, должны удовлетворять соответствующим положениям настоящей Инструкции для подкрепляемых ими балок набора.

Местный и язвенный износы соединительных элементов не регламентируются.

2.2.7.2 При общем износе местные подкрепления должны удовлетворять следующему условию:

$$S'_1 > [S_1], \quad (2.2.7.2)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина местного подкрепления, определяемая в соответствии с 3.2.6;

$[S_1]$ — допускаемая величина местного подкрепления, определяемая по формуле (4.2.7).

Местный и язвенный износы местных подкреплений не регламентируются.

2.3 КОНСТРУКЦИИ С ДЕФОРМАЦИЯМИ

2.3.1 Характеристики поперечного (продольного) сечения корпуса.

Настил стапель-палубы, обшивка днища с подкрепляющим продольным набором в поперечном (продольном) сечении корпуса в средней части дока должны удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{i=1}^n l_{i_{b(d)}} \leq [\sum_{i=1}^n l_{i_{b(d)}}],$$

где $l_{i_{b(d)}}$ — протяженность i -ой бухтины, гофры, вмятины в поперечном (продольном) сечении стапель-палубы, днища;

$\sum_{i=1}^n l_{i_{b(d)}}$ — суммарная протяженность бухтин, гофр и вмятин в поперечном (продольном) сечении стапель-палубы, днища согласно 3.3.2.1;

$[\sum_{i=1}^n l_{i_{b(d)}}]$ — допускаемая суммарная протяженность бухтин, гофр и вмятин в поперечном (продольном) сечении стапель-палубы, днища в соответствии с 4.3.1.2.

2.3.2 Бухтины и гофрировки.

2.3.2.1 Листовые конструкции имеющие отдельные бухтины с максимальными стрелками прогиба 25 мм и менее или 1/20 шпации, в зависимости от того что меньше, не требуют дальнейшего ремонта, если в них отсутствуют трещины.

2.3.2.2 Остаточная стрелка прогиба гофрировки косинусоидальной формы в настиле стапель-палубы плавучих доков, использующих тяжелую колесную технику, должна удовлетворять следующему условию:

$$f/a \leq [f/a] , \quad (2.3.2.2)$$

где $[f/a]$ — допускаемая величина, определяемая в соответствии с 4.3.2.2.

2.3.2.3 Для нижних листов стенок днища и башен понтонных доков при поперечной системе набора, стрелка прогиба косинусоидальной формы должна удовлетворять следующему условию:

$$f/a \leq [f/a] , \quad (2.3.2.3)$$

где $[f/a]$ — определяется в соответствии с 4.3.2.3.

2.3.2.4 Для нижних и верхних листов стенок поперечных и продольных переборок понтона монолитных доков и стенок поперечных переборок понтонных доков стрелка прогиба косинусоидальной формы должна удовлетворять следующему условию:

$$f/a \leq [f/a] , \quad (2.3.2.4)$$

где $[f/a]$ — определяется в соответствии с 4.3.2.4.

2.3.2.5 Для днищевой обшивки монолитных доков при поперечной системе набора

$$f/a \leq [f/a] , \quad (2.3.2.5)$$

где $[f/a]$ — определяется в соответствии с 4.3.2.5.

2.3.2.6 Для листов, сжимаемых при общем продольном или поперечном изгибе вдоль короткой стороны опорного контура, стрелка остаточного прогиба должна удовлетворять следующему условию:

$$f/a \leq [f/a] , \quad (2.3.2.6)$$

где $[f/a]$ — определяется согласно 4.3.2.6.

2.3.2.7 Конструкции с бухтинами, исключая палубный стрингер, ширстрек и обшивку днища в средней части дока, при осмотре с обеих

сторон могут не замеряться и не ремонтироваться при отсутствии трещин и разрывов.

2.3.3 Вмятины и выпучины.

2.3.3.1 Для вмятин в конструкциях, не участвующих в общем продольном или поперечном изгибах, допускаемые стрелки остаточных прогибов определяются в соответствии с 4.3.3.1.

2.3.3.2 Для деформированных ребер, участвующих в общем продольном или поперечном изгибах, допускаемые стрелки прогибов определяются согласно 4.3.3.2.

2.3.3.3 Допускаемые стрелки остаточного прогиба выпучин в стенках рамного набора определяются в соответствии с 4.3.3.3.

2.3.3.4 Конструкции с вмятиной с максимальной стрелкой прогиба балки набора 25 мм и менее не требуют дальнейших измерений, оценки и ремонта.

Допускается по согласованию с Регистром оставлять отдельные вмятины с максимальной стрелкой прогиба балки набора более 25 мм до ближайшего промежуточного или очередного освидетельствования.

2.3.3.5 В средней части дока в днище и расчетной палубе, а также в ширстрекке допускаются единичные плавные вмятины, наибольший размер в плане которых не превышает пяти шпаций, а отношение максимальной остаточной стрелки прогиба балки набора к наименьшему размеру вмятины не превышает 1/20.

2.3.3.6 Балки набора при отсутствии выпучины должны одновременно удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{aligned} f'/l' &\leq [f/l]; \\ d'/h &\leq [d/h]; \\ f'/c' &\leq [f/c], \end{aligned} \tag{2.3.3.6-1}$$

где f' — максимальная стрелка прогиба балки набора, определяемая в соответствии с 3.3.4.2;
 l' — длина деформированного участка балки набора, определяемая в соответствии с 3.3.4.2;

d' — отклонение стенки балки набора от первоначального положения определяется согласно 3.3.4.3;

h — высота балки набора, определяемая согласно 3.3.4.4;

c' — отстояние сечения балки набора с максимальной стрелкой прогиба от ее ближайшей недеформированной опоры определяется согласно 3.3.4.5;

$[f/l]$ — допускаемая относительная стрелка прогиба балки набора, определяемая в соответствии с 4.3.3.1;

$[d/h]$ — допускаемое относительное отклонение стенки балки набора определяется согласно 4.3.3.1;

$[f/c]$ — допускаемая относительная стрелка прогиба балки набора, определяемая в соответствии с 4.3.3.1.

Последнее условие в (2.3.3.6-1) может не проверяться в следующих случаях:

балка набора деформирована вместе с опорой;

участок конструкции с вмятиной не доходит до опоры;

в районе вмятины деформированы подряд менее пяти балок набора.

Балки набора, у которых относительная стрелка прогиба f'/l' находится в следующих пределах:

$$[f'/l] < f'/l' < 1,5[f'/l], \quad (2.3.3.6-2)$$

дополнительно должны удовлетворять условию

$$f'_{300} \leq [f'_{300}], \quad (2.3.3.6-3)$$

где f'_{300} — стрелка прогиба балки набора на базе 300 мм, определяемая согласно 3.3.4.6;

$[f'_{300}]$ — допускаемая стрелка прогиба балки набора на базе 300 мм, определяемая в соответствии с 4.3.3.1.

2.3.3.7 Балки набора и листовые элементы при наличии выпучины должны удовлетворять условию

$$f'/l' \leq [f'/l], \quad (2.3.3.7)$$

где f' — максимальная стрелка прогиба деформированного участка балки набора, листового элемента, определяемая согласно 3.3.4.7;

l' — длина деформированного участка балки набора, листового элемента, определяемая согласно 3.3.4.7;

$[f'/l]$ — допускаемая относительная стрелка прогиба участка стенки балки набора, листового элемента, определяемая в соответствии с 4.3.3.1 и 4.3.3.2.

2.3.3.8 В балках набора и листовых элементах с выпучинами трещины и разрывы не допускаются.

2.3.4 Сварные швы, заклепочные соединения, соединительные элементы и местные подкрепления.

2.3.4.1 Сварные швы и заклепочные соединения конструкций с остаточными деформациями должны удовлетворять соответствующим положениям настоящей Инструкции для этих конструкций. Заклепочные соединения должны быть непроницаемыми в конструкциях, для которых это требуется.

2.3.4.2 В соединительных элементах (кницах) и в местных подкреплениях остаточные деформации регламентируются на основании опыта наблюдения.

2.4 КОНСТРУКЦИИ С ТРЕЩИНАМИ И РАЗРЫВАМИ

2.4.1 Трещины и разрывы в элементах корпуса, как правило, не допускаются.

2.4.2 Трещины и разрывы не допускаются ни при каких обстоятельствах в следующих элементах корпуса:

участвующих в обеспечении продольной и поперечной прочности;

обеспечивающих непроницаемость;
 в районе переменной ватерлинии;
 в районах, подверженных действию вибрации;
 в поясах балок поперечного рамного набора;
 в стенках балок набора и листовых элементах с выпучинами;
 в сварных швах упомянутых выше конструкций;
 в заклепочных и болтовых соединениях, воспринимающих усилия от продольного и поперечного изгиба корпуса.

2.4.3 Ветвящиеся и прогрессирующие (растущие) трещины в элементах корпуса не допускаются.

2.4.4 Трещины и разрывы, обнаруженные в перечисленных в 2.4.2 элементах корпуса, подлежат устранению.

2.4.5 В отдельных случаях по согласованию с Регистром допускается оставлять до ближайшего планового ремонта дока единичные трещины в следующих, не упомянутых в 2.4.2 элементах корпуса:

на кромках вырезов листов и стенок балок рамного набора для прохода балок основного набора, для облегчения конструкций, обеспечивающих доступ в конструкции, у вырезов для перетока жидкости;
 сварных швах, заклепочных и болтовых соединениях;
 в соединительных элементах корпуса (кницах);
 в местных подкреплениях.

Элементы корпуса с трещинами должны удовлетворять следующему условию:

$$\lambda' \leq [\lambda], \quad (2.4.5)$$

где λ' — длина трещины, определяемая согласно 3.4.2;

$[\lambda]$ — допускаемая длина трещины, определяемая согласно 4.4.1.

2.4.6 Суммарная площадь водотечности балластных отсеков, должна удовлетворять следующему условию:

$$f_v \leq [f_v], \quad (2.4.6)$$

где $[f_v]$ — временная допускаемая величина площади водотечности, определяемая в соответствии с 4.4.2.

3 ДЕФЕКТАЦИЯ КОРПУСА

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1.1 Настоящий раздел регламентирует дефектацию корпуса для определения его технического состояния в соответствии с положениями разд. 2 настоящей Инструкции.

3.1.2 Положения настоящего раздела регламентируют порядок замеров параметров элементов корпуса с дефектами, обнаруженными во время их осмотров или освидетельствований.

3.1.3 Сроки и объем дефектации корпуса регламентируются Правилами классификационных освидетельствований судов.

Сроки и объем дефектации могут быть уточнены Регистром в зависимости от технического состояния дока.

3.1.4 Дефектация корпуса может выполняться в процессе эксплуатации дока.

3.1.5 Корпус должен быть подготовлен владельцем дока для дефектации: изоляция и зашивка вскрыты и демонтированы, продукты коррозии удалены с замеряемых поверхностей, подготовлены леса и другие средства для доступа к замеряемым конструкциям, танки дегазированы и т. д.

3.1.6 Метрологические свойства применяемых средств измерений должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов, согласованных с Регистром.

3.1.7 Дефектация должна осуществляться на основе специально подготовленной методики, согласованной с Регистром и учитывающей особенности конструкции и эксплуатации дока.

В методике должны быть указаны наиболее слабые элементы корпуса на основе расчета корпуса дока в соответствии с требованиями Правил при различных ограничениях по грузоподъемности и предельной глубине погружения.

Для уменьшения объема дефектации в методике должны быть рекомендованы районы и элементы корпуса, т. н. «индикаторы», которые подвержены наибольшему износу.

3.1.8 Результаты дефектации корпуса должны быть оформлены в виде отчета совместно с чертежами корпусных конструкций и соответствующих таблиц в объеме, определенном в 3.2 — 3.4. Формы таблиц приведены в приложении 2 к настоящей Инструкции.

На чертежах и таблицах должны стоять подпись и штамп инспектора Регистра. Экземпляры отчета дефектации корпуса должны быть переданы в Регистр, а также храниться на доке и у владельца дока.

Одновременно рекомендуется представлять в Регистр результаты дефектации корпуса в электронном виде.

3.2 КОНСТРУКЦИИ С ИЗНОСАМИ

3.2.1 Обследование конструкций.

3.2.1.1 Состояние конструкций корпуса с износами характеризуется остаточными толщинами, которые определяются на основании замеров.

3.2.1.2 Вид износа элемента корпуса устанавливается визуально при освидетельствовании дока, исходя из опыта наблюдения, а также на основании выборочных замеров остаточных толщин.

3.2.1.3 Остаточные толщины элементов корпуса должны, как правило, определяться методами неразрушающего контроля. Допускается измерение остаточных толщин производить толщиномером, штангенциркулем, микрометром или другими одобренными средствами измерений.

Точность измерений толщин элементов корпуса должна быть не менее 0,1 мм.

Измерения глубины язвин выполняются с помощью глубиномера, индикатора часового типа или иными подобными приборами с точностью не менее 0,1 мм.

3.2.1.4 Результаты измерений должны быть оформлены в виде таблиц по формам, приведенным в 2.1 приложения 1 к настоящей Инструкции, а также чертежей растяжки наружной обшивки, планов палуб, переборок с указанием замеров на листах, балках набора, сварных швах.

Рекомендуется представлять в Регистр таблицы, оформленные в соответствии с 2.1 приложения 1 к настоящей Инструкции в электронном виде.

Результаты замеров остаточных толщин в заклепочных и болтовых соединениях, соединительных элементах и местных подкреплениях могут быть оформлены в произвольной форме.

3.2.1.5 Обследование изношенных элементов корпуса выполняется с учетом особенностей эксплуатации конструкции и опыта наблюдения, и проводится, в первую очередь, в следующих местах:

участки стапель-палубы, используемые с наибольшей интенсивностью для выполнения судостроительных (судоремонтных) работ, применения средств механизации и установки кильблоков и клеток;

обшивка понтонов от середины по высоте до стапель-палубы;

внутренние конструкции понтонов в средней части;

разъемные соединения понтонов с башнями;

обшивка и набор стенок и торцевых переборок башен и прилегающих к ним конструкций от стапель-палубы до 1/3 высоты башни;

обшивка днища понтонов под патрубками балластной системы дока;
остаточные деформации конструкций дока;
днища башен, если оно не является непрерывным по длине;
подверженные интенсивному воздействию солнечных лучей корпусные конструкции;

обшивка и набор понтонов с отсутствием или недостаточно надежным покрытием подводной части на расстоянии 300 — 1000 мм от днища дока;
опорные сечения рамного набора.

3.2.2 Характеристики поперечного сечения корпуса и продольного сечения понтонов.

3.2.2.1 Для определения остаточного момента сопротивления поперечного сечения корпуса для палубы, днища $W'_{n(дн)}$ и продольного сечения понтона выбираются наиболее конструктивно ослабленные и наиболее изношенные сечения. Вычисление остаточного момента сопротивления поперечного сечения корпуса или продольного сечения понтонов $W'_{n(дн)}$ выполняется при средних остаточных толщинах связей S'_1 в пределах выбранного кольцевого сечения корпуса протяженностью, ограниченной длиной одного листа вдоль дока.

При вычислении остаточного момента сопротивления поперечного сечения корпуса или продольного сечения понтона остаточные толщины связей, среднегодовое уменьшение толщины элементов конструкций которых $u_{фS}$, мм/год, превышает указанный в Правилах $u_{ср}$, мм/год, и удовлетворяют условию 4.1.9, должны быть уменьшены на величину $\Delta S_{ф}$, мм, определяемую по следующей формуле:

$$\Delta S_{ф} = \tau(u_{фS} - u_{ср}), \quad (3.2.2.1-1)$$

$$\text{где } u_{фS} = \frac{S'_0 - S'_1}{T}, \quad (3.2.2.1-2)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина элемента корпуса, мм, определенная в настоящем освидетельствовании в соответствии с 3.2;

S'_0 — первоначальная толщина элемента корпуса, мм;

$\tau \leq 5$ — срок (количество лет) до следующего установленного освидетельствования/осмотра элемента корпуса;

T — срок эксплуатации, годы, элемента корпуса от даты его установки на доке.

3.2.2.2 Вычисление остаточного момента сопротивления поперечного сечения корпуса и продольного сечения понтонов производится в соответствии с результатами дефектации, при прогибе и перегибе без редуцирования, с контролем критических напряжений для сравнения с величинами, регламентируемыми Правилами для данного момента времени T_1 или времени последней дефектации.

Учет редуцирования пластин и ребер может быть осуществлен для дополнительного выявления предельных интегральных характеристик корпуса, вместо условных характеристик, рекомендуемых Правилами.

3.2.2.3 Рекомендуется наиболее эффективный расчетно-экспериментальный способ определения моментов сопротивления корпуса в целом и продольных сечений понтонов по специальной методике и программе, согласованной с Регистром.

3.2.2.4 Вычисление остаточного предельного момента сопротивления поперечного сечения корпуса $W'_{n(дн)}$ и продольного сечения понтона может выполняться в соответствии с требованиями Норм прочности морских судов Регистра.

3.2.2.5 Средняя остаточная толщина обшивки наружного борта, внутреннего борта и продольной переборки $S'_{б(пер)}$ для конструктивно наиболее ослабленного и изношенного сечения в районах, регламентированных Правилами, определяется по следующей формуле:

$$S'_{б(пер)} = \left(\sum_{i=1}^n S'_{i} b_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n b_i \right), \quad (3.2.2.5)$$

где S'_{i} — средняя остаточная толщина i -го листа обшивки наружного борта, внутреннего борта, продольной переборки, мм. В случае если среднегодовое уменьшение толщины i -го листа $u_{фs}$, мм/год, превышает указанный в Правилах $u_{ср}$, мм/год, а количество таких листов удовлетворяет условию 4.1.9, средняя остаточная толщина i -го листа, должна быть уменьшена на величину $\Delta S_{ф}$, мм, определяемую по формуле (3.2.2.1-1);

b_i — ширина i -го листа, мм;

n — количество листов.

3.2.3 Листы.

3.2.3.1 При общем износе средняя остаточная толщина листа S'_1 , мм, определяется как среднее арифметическое замеров остаточной толщины в точках, расположенных равномерно по поверхности листа. При этом замеры остаточной толщины в точках, расположенных в местах линейного и канавочного износов, а также в отдельных глубоких язвах, не следует учитывать.

Количество точек замеров остаточной толщины на листе устанавливается из расчета не менее одной на каждые 5 м² площади его поверхности.

Если максимальная разность замеренных толщин в точках на листе с построечной толщиной до 16 мм превышает 2 мм, а более 16 мм — 3 мм, то число точек замеров на участке листа с минимальной остаточной толщиной должно быть увеличено, как для участка листа с износом пятнами согласно 3.2.3.2.

Если на части листа выделен участок с износами пятнами, то его средняя остаточная толщина S'_3 используется как остаточная толщина в одной точке замера при определении толщины S'_1 .

3.2.3.2 При местном износе средняя остаточная толщина участка листа S'_3 , мм, определяется на основании замеров в точках, расположенных в пределах изношенного участка листа:

при износе пятнами и линейном износе участка листа — как среднее арифметическое замеров в точках остаточных толщин;

при канавочном износе — по следующей формуле:

$$S'_3 = S'_1 - (h_1 + h_2), \quad (3.2.3.2)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина листа, мм, определяемая согласно 3.2.3.1;
 h_1 и h_2 — средние износы в канавке, мм, соответственно с лицевой и обратной поверхностей листа.

Точки замеров должны быть расположены равномерно по изношенному участку листа. Количество точек замеров остаточной толщины должно быть не менее:

при износе листа пятнами — трех равномерно расположенных в ячейке листа;

при линейном износе листа — трех в полосе на расстоянии не ближе 10 мм и не далее 20 мм в сторону наибольшего износа от подкрепляющей балки набора. При поперечной системе набора, как правило, наиболее изнашиваемой будет сторона, расположенная в сторону носа дока от подкрепляющей балки набора;

при канавочном износе листа — одной на каждые 0,3 м длины канавки.

3.2.3.3 При язвенном износе остаточная толщина листа S'_4 , мм, определяется на основании замеров износов в язвинах в пределах ячейки листа по формуле

$$S'_4 = S'_1 - h_4, \quad (3.2.3.3)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина листа, определяемая согласно 3.2.3.1, мм;
 h_4 — максимальный износ из замеренных в язвинах относительно поверхности участка листа, мм.

Количество язвин, подлежащих замерам, определяется в каждом отдельном случае по результатам их визуального осмотра. Если выделить отдельно расположенные язвины затруднительно, то измерение наибольших износов в язвинах следует проводить относительно рейки длиной 300 — 400 мм, свободно приложенной к зачищенной от продуктов коррозии поверхности листа.

3.2.4 Балки набора.

3.2.4.1 При общем износе остаточный момент сопротивления поперечного сечения балки набора W'_1 , см³, с присоединенным пояском, определяемым согласно требованиям Правил, остаточная площадь поперечного сечения стенки балки набора f'_c , см², и средняя остаточная толщина элемента балки набора S'_1 , мм, определяются по результатам замеров остаточной толщины в точках на их стенках и поясах, выполненных в одном сечении наиболее изношенной балки набора.

Замеры остаточной толщины элементов балки набора выполняются в наиболее изношенных сечениях у опор и в середине пролета.

Количество точек замеров остаточной толщины стенки и пояска балки набора устанавливается не менее:

для составной балки набора — двух по ширине пояска и двух по высоте стенки. Результаты замеров усредняются отдельно по пояску и стенке;

для балки набора из углового катаного профиля — одной по пояску и одной по стенке;

для балки набора из полособульбового катаного профиля — одной по стенке.

Замеры остаточной толщины элементов балки набора должны быть выполнены в следующих точках:

по стенке — у основания в районе сварного шва, соединяющего балку с подкрепляемым листом и, если требуется, на $2/3$ высоты стенки от основания;

по пояску — на кромке/кромках.

3.2.4.2 При местном износе средняя остаточная толщина участка элемента балки набора S'_3 , мм, определяется по результатам замеров остаточной толщины в точках на ее стенке или пояске, выполненных в наиболее изношенном сечении.

Протяженность изношенного участка и наиболее ослабленное сечение балки набора в ее пролете определяется визуально либо на основании выборочных замеров остаточной толщины ее элементов.

Средняя остаточная толщина участка элемента балки набора, а также количество и расположение точек замеров остаточной толщины на пояске или стенке определяются:

при износе пятнами — согласно 3.2.4.1;

при канавочном износе — согласно 3.2.3.2.

3.2.4.3 При язвенном износе остаточная толщина элемента балки набора, S'_4 , мм, и количество точек замеров определяются согласно 3.2.3.3.

3.2.5 Сварные швы и заклепочные соединения.

3.2.5.1 Оценка величины и равномерности износа стыковых швов на протяжении свыше 0,3 м производится путем их сопоставления с поверхностью соединяемых листов, угловых швов — на основании замеров их катетов.

Количество точек замеров износов в сварном шве устанавливается исходя из опыта наблюдения.

3.2.5.2 При износе сварного шва протяженностью от 0,1 м до 0,3 м его средняя остаточная толщина S'_5 , мм, определяется согласно 3.2.3.2 как разность между остаточной толщиной листа вблизи изношенного шва и глубиной канавки/канавок.

3.2.5.3 При износе сварного шва протяженностью до 0,1 м его остаточная толщина S'_4 , мм, определяется согласно 3.2.3.3 как для элемента корпуса с язвенным износом.

3.2.5.4 Износ заклепочных соединений определяется на основании осмотра, обстукивания, выборочных замеров заклепок и кромок листов, испытаний на непроницаемость тех конструкций, для которых это требуется.

3.2.5.5 Износ болтовых соединений определяется на основании осмотра и выборочных замеров гаек и головок болтов.

3.2.6 Соединительные элементы и местные подкрепления.

При износе соединительных элементов и местных подкреплений средняя остаточная толщина S'_1 , мм, определяется как среднее арифметическое замеров остаточной толщины в точках, расположенных равномерно по поверхности элемента или подкрепления.

Количество точек замеров остаточной толщины на конструкциях соединительных элементов или подкреплений устанавливается из опыта наблюдения.

При существенно неравномерном износе элемента или подкрепления количество точек замеров остаточных толщин следует увеличить в районе повышенного износа исходя из опыта наблюдения.

3.3 КОНСТРУКЦИИ С ДЕФОРМАЦИЯМИ

3.3.1 Обследование конструкций.

3.3.1.1 Состояние конструкций корпуса с деформациями характеризуется максимальными остаточными стрелками прогибов и размерами деформированных участков конструкции в плане.

3.3.1.2 Вид деформации элементов корпуса устанавливается визуально при освидетельствовании дока на основании опыта наблюдения. В отдельных случаях для установления вида деформации могут потребоваться дополнительные замеры остаточных стрелок прогиба, подкрепляющих балок набора.

3.3.1.3 Измерение параметров деформаций производится по отношению к первоначальной недеформированной поверхности стандартным измерительным инструментом: линейкой, штангенциркулем с глубиномером, индикатором часового типа и т. п.

Точность измерения размеров деформированных участков конструкции в плане должна быть не менее ± 100 мм, максимальных стрелок прогиба — не менее ± 1 мм, стрелок прогиба на базе 300 мм — не менее $\pm 0,1$ мм.

3.3.1.4 Результаты измерений должны быть оформлены в виде таблиц по форме, приведенной в 2.2 приложения 1 к настоящей Инструкции, а также чертежей растяжки наружной обшивки, планов палуб, переборок с указанием вида деформации, замеров стрелок прогиба и других нормируемых параметров деформаций элементов корпуса.

Рекомендуется представлять в Регистр таблицы, оформленные в соответствии с 2.2 приложения 1 к настоящей Инструкции в электронном виде.

3.3.1.5 При обследовании элементов корпуса с деформациями необходимо в первую очередь осматривать сжато-изогнутые элементы корпуса в нижней части башен понтонных доков и средней части стапель-палубы и днища понтонов а также опорные сечения рамных связей.

Обследование элементов корпуса с деформациями выполняется с учетом особенностей эксплуатации конструкций и опыта наблюдения.

3.3.2 Характеристики поперечного сечения корпуса или продольного сечения понтона.

3.3.2.1 Для определения суммарной протяженности бухтин, гофр и

$\sum_{i=1}^n l_{i(b,d)}$ вмятин, м, выбирается наиболее ослабленное поперечное сечение

корпуса в средней части дока протяженностью не более 5 шпаций в районе с наибольшим количеством деформаций на стапель-палубе, днище.

Суммированию подлежат размеры деформаций $l_{i(b,d)}$, м, отдельно для палубы и днища в выбранном поперечном или продольном сечении дока, независимо от величин их стрелок прогиба.

В случае подкрепления элементов корпуса с деформациями в соответствии с 5.3.2 эти деформации могут не засчитываться в суммарную протяженность бухтин, гофр и вмятин.

3.3.2.2 Вычисление остаточного предельного момента сопротивления поперечного сечения корпуса $W''_{n(дн)}$ должно выполняться при прогибе и перегибе дока по методикам, согласованным с Регистром. Обязателен учет редуцирования сжатых, а также деформированных сжатых и растянутых элементов корпуса. Расчет $W''_{n(дн)}$ подлежит специальному рассмотрению Регистром.

3.3.3 Бухтины и гофрировки.

3.3.3.1 Максимальная стрелка прогиба бухтины или гофра f' , мм, измеряется относительно балок набора. Схема выполнения замеров f' приведена на рис. 3.3.3.1.

3.3.3.2 Минимальный размер бухтины в плане b' , мм, измеряется в месте максимального прогиба. Схема выполнения замеров b' приведена на рис. 3.3.3.1

3.3.3.3 Максимальная стрелка прогиба гофра f'' , мм, определяется как наибольшая из замеренных в каждом гофре.

3.3.3.4 Расстояние между балками основного набора a , мм, определяется по конструктивному чертежу или измеряется в конструкции.

3.3.4 Вмятины.

3.3.4.1 В конструкции с вмятиной, у которой деформировано подряд до 10 балок основного набора, измерения должны выполняться на каждой балке, при деформированных от 10 до 15 балок измерения допускается выполнять через одну балку, при деформированных 15 и более балок — через две балки, включая балку с наибольшей стрелкой прогиба f'' .

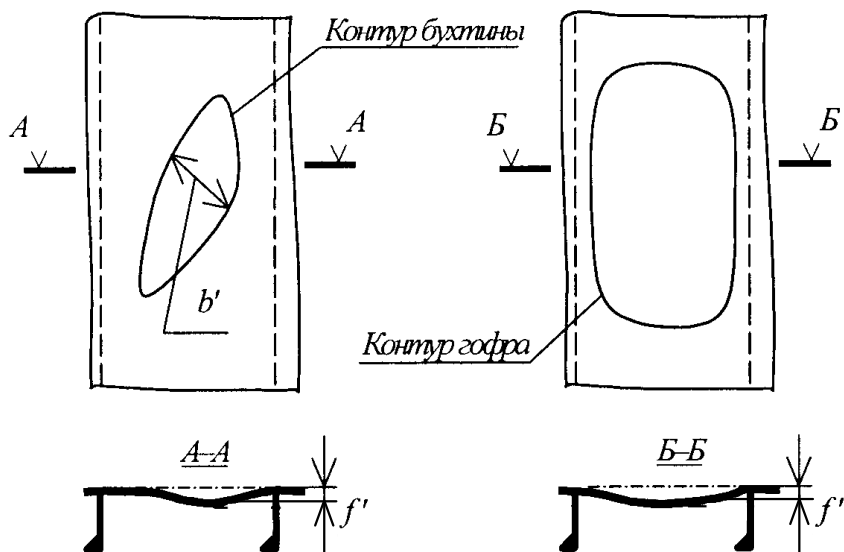


Рис. 3.3.3.1
Измерение параметров бухтины и гофра

В случае выполнения всех условий (2.3.3.6-1) для балки набора с максимальной стрелкой прогиба допускается остальные балки набора во вмятине не измерять.

3.3.4.2 Максимальная стрелка прогиба f' , мм, и длина l' , мм, деформированного участка балки набора измеряются в ее плоскости. Схемы выполнения замеров f' и l' приведены на рис. 3.3.4.2а.

3.3.4.3 Отклонение стенки балки набора d' , мм, от первоначального положения измеряется на уровне свободного пояска в месте, где это отклонение максимально. Схема выполнения замера d' приведена на рис. 3.3.4.2а.

3.3.4.4 Высота балки набора h , мм, определяется по конструктивному чертежу или измеряется в конструкции.

3.3.4.5 Отстояние сечения балки набора c' , мм, с максимальной стрелкой прогиба от ее ближайшей недеформированной опоры измеряется в ее плоскости. При измерении величины c' опорами для балки основного набора являются перпендикулярно расположенные балки рамного набора, палубы, платформы, переборки и т. д. Схема выполнения замеров c' приведена на рис. 3.3.4.2а.

3.3.4.6 Стрелка прогиба балки набора на базе 300 мм f'_{300} , мм, измеряется в районе максимальной стрелки прогиба f' . Рекомендации по измерению

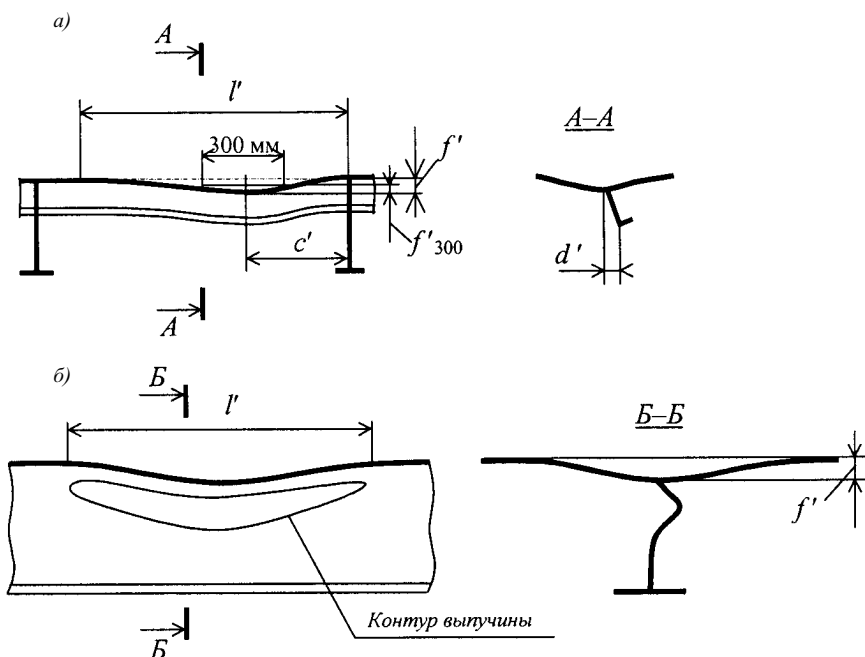


Рис. 3.3.4.2

Измерение параметров вмятин:

a — для балок основного набора; *б* — для балок рамного набора и листовых элементов

параметра f'_{300} приведены в приложении 2 к настоящей Инструкции. Схема выполнения замеров f'_{300} показана на рис. 3.3.4.2а.

3.3.4.7 Максимальная стрелка прогиба f' , мм, и длина деформированного участка l' , мм, балки набора и листовых элементов измеряются в их плоскости. Схемы выполнения замеров f' и l' приведены на рис. 3.3.4.2б.

3.3.5 Соединительные элементы и местные подкрепления.

Обследование, а также необходимость и правила замеров параметров деформаций в соединительных элементах и местных подкреплениях устанавливается из опыта наблюдения.

3.4 КОНСТРУКЦИИ С ТРЕЩИНАМИ И РАЗРЫВАМИ

3.4.1 Обследование конструкций.

3.4.1.1 Состояние конструкций корпуса с трещинами и разрывами характеризуется их видом, расположением в конструкции, длиной,

площадью, направлением и раскрытием, которые определяются на основании замеров.

3.4.1.2 Вид трещины и разрыва устанавливается визуально при освидетельствовании корпуса на основании опыта наблюдения.

3.4.1.3 Трещины и разрывы в элементах корпуса могут быть обнаружены осмотром, испытаниями, а также с помощью следующих методов:

радиографического;

ультразвукового;

магнитопорошкового;

цветовой дефектоскопии;

водоэмульсионных жидкостей, керосина с мелом и др.

3.4.1.4 Измерение параметров трещины и разрыва производится на поверхности поврежденного элемента корпуса с помощью штангенциркуля, линейки или другого измерительного инструмента, обеспечивающего точность измерений не менее 5 мм.

3.4.1.5 Результаты измерений трещин должны быть оформлены в виде таблиц по форме 1.3 приложения 1 к настоящей Инструкции, а также чертежей или эскизов конструкции с трещиной и с указанием ее длины, раскрытия и направления.

Результаты измерений разрывов могут быть оформлены в произвольной форме.

Рекомендуется представлять в Регистр таблицы, оформленные в соответствии с 2.3 приложения 1 к настоящей Инструкции в электронном виде.

3.4.1.6 Обследование элементов корпуса с трещинами и разрывами выполняется с учетом особенностей эксплуатации конструкций и опыта наблюдения.

3.4.2 Измерение параметров трещин.

Длина трещины λ' , мм, в элементе корпуса измеряется по кратчайшему расстоянию между ее началом и концом. Конец трещины определяется визуально с добавлением 10 мм.

Раскрытие трещины t' , мм, определяется максимальным расстоянием между ее краями. Направление трещины в элементе определяется углом α , град., между линией, соединяющей начало и конец трещины, и диаметральной или основной плоскостью дока.

4 НОРМАТИВЫ ДЛЯ КОРПУСА СТАЛЬНОГО ПЛАВУЧЕГО ДОКА С ДЕФЕКТАМИ

4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1.1 Настоящий раздел регламентирует нормативы для элементов корпуса с дефектами для определения его технического состояния в соответствии с положениями разд. 2 настоящей Инструкции.

4.1.2 Нормативы настоящего раздела регламентируют техническое состояние элементов корпуса, соответствующее видам «ГОДЕН» и «ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ» при 5-ти летней периодичности очередных освидетельствований и 10-ти летнем периоде между докованиями, а также в соответствии с принципом непрерывного технического обслуживания при нормативном сроке эксплуатации $T_1 < 50$ лет.

4.1.3 Нормативы для вида технического состояния "ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ" определяются для дока при ограничении условий эксплуатации и/или сокращении срока между освидетельствованиями с целью обеспечения необходимой безопасности дока при существующем техническом состоянии его корпуса или снижении объемов ремонта.

4.1.4 Ограничения спецификационных условий эксплуатации дока следует назначать исходя из существующего технического состояния корпуса и намерений владельца дока в отношении последующей эксплуатации дока. Введение эксплуатационных ограничений повлечет за собой изменение соответствующих требований действующих Правил к размерам и характеристикам элементов корпуса. Ограничения спецификационных условий эксплуатации дока могут быть следующими:

- по грузоподъемности;
- по предельной глубине погружения;
- по максимальному перепаду уровней балласта в отсеках и ватерлинией в любой момент погружения (всплытия) дока;
- по водотечности отсеков.

Допускается применение комбинаций приведенных ограничений, а также других ограничений согласованных с Регистром.

4.1.5 Нормативы определяются от размеров элементов корпуса, требуемых действующими Правилами РС. При несоответствии размеров элементов требованиям Правил, нормативы являются предметом специального рассмотрения Регистром.

4.1.6 Нормативы для стальных доков должны определяться в соответствии с требованиями 4.2, 4.3 и 4.4;

4.1.7 Нормативы могут быть уточнены на основании опыта эксплуатации доков и расчетных обоснований по согласованию с Регистром;

4.1.8 Использование Правил предшествующих лет издания и определение Нормативов для отдельных элементов корпуса от построечных размеров подлежат согласованию с ГУ Регистра.

4.1.9 Нормативы или срок следующего освидетельствования корпуса дока в доке с параметрами дефектов, превысившими 75 % допускаемых величин¹, должны быть уточнены согласно 4.5 в следующих случаях:

среднегодовое уменьшение толщины более 25 % однородных элементов конструкции превышают приведенные в Правилах;

параметры деформаций в элементах корпуса прогрессируют (увеличиваются) в процессе обычной эксплуатации дока.

4.1.10 Нормативы для элементов корпуса с износами доков с продолжительностью последующей эксплуатации менее 5 лет могут определяться с учетом требований 4.2.8.

4.1.11 Нормативы для элементов корпуса дока с дефектами должны быть оформлены в виде принятого к сведению Регистром документа.

4.2 КОНСТРУКЦИИ С ИЗНОСАМИ

4.2.1 Характеристики поперечного сечения корпуса.

4.2.1.1 Допускаемый остаточный момент сопротивления поперечного сечения корпуса для топ-палубы, днища $[W_{п(дн)}]$, см³, к моменту последней дефектации, определяется по следующей формуле:

$$[W_{п(дн)}] = 1,05 W'_{п(дн)}(T), \quad (4.2.1.1)$$

где $W'_{п(дн)}(T)$ — момент сопротивления поперечного сечения для палубы, днища, см³, требуемый формулой (3.12.4.6.1-2) части II «Корпус» Правил для дока в конце срока службы $T = 50$ лет.

4.2.1.2 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемый остаточный момент сопротивления поперечного сечения корпуса для топ-палубы, днища, $[W_{п(дн)}]$, см³, в момент времени T_1 определяется по более точной формуле, учитывающей индивидуальные особенности корпуса дока:

$$[W_{п(дн)}(T_1)] = W'_{п(дн)}(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1) \right], \quad (4.2.1.2)$$

где $\omega_k(T)$ — коэффициент определяемый по формуле (3.12.4.6.1-3) части II «Корпус» Правил, учитывающий поправку к моменту сопротивления на износ элементов эквивалентного бруса.

¹ Под допускаемым износом элемента корпуса понимается разность между его построечной и допускаемой толщиной.

Коэффициент φ_i для вертикальных элементов эквивалентного бруса рекомендуется определять по уточняемой формуле

$$\varphi_i = C_i^2 (F/J) \left(1 + \frac{h_i^2}{12C_i^2}\right) + C_i/z_0 ,$$

где h_i — высота i -го элемента бруса, м, при $h_i > 0,15D$;

Δf_i — добавка к площади i -го элемента корпуса, см², определяемой по формуле (3.12.4.6.1–4) части II «Корпус» Правил.

Величина $\omega_k(T)$ изменяется в широких пределах от 1,10 до 1,60 в зависимости от типа и размеров дока.

4.2.2 Характеристики продольных и поперечных сечений понтона.

4.2.2.1 Допускаемый остаточный момент сопротивления главных поперечных и продольных связей понтона (понтонов) $[W_{\text{п}}]$, см³, к моменту последней дефектации определяется по следующей формуле:

$$[W_{\text{п(дн)}}] = 1,05 W'_{\text{п(дн)}}(T) , \quad (4.2.2.1)$$

где $W'_{\text{п(дн)}}(T)$ — нормативный момент сопротивления сечения к концу срока службы, определяемый по формуле (3.12.4.5.1-2) части II «Корпус» Правил.

4.2.2.2 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемый остаточный момент сопротивления главных поперечных и продольных связей понтона (понтонов) $[W_{\text{п}}(T_1)]$, см³, в момент времени $T_1 < 50$ лет определяется по следующей формуле, учитывающей индивидуальные особенности понтона (понтонов):

$$[W_{\text{п}}(T_1)] = W_{\text{п}}(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1)\right] , \quad (4.2.2.2)$$

где $\omega_k(T) = 1 + \frac{\Delta W_{\text{п}}(T)}{W'_{\text{п}}(T)}$;

$\Delta W_{\text{п}}(T)$ — добавка к моменту сопротивления, учитывающая запас на износ связей, определяемая по формуле (3.12.4.5.1-3) части II «Корпус» Правил.

4.2.2.3 Допускаемая площадь сечения стенки $[f_{\text{ст}}]$, см², главных поперечных связей понтона (понтонов) к моменту последней дефектации определяется по следующей формуле:

$$[f_{\text{ст}}] = 1,05 f'_{\text{ст}}(T) , \quad (4.2.2.3)$$

где $f'_{\text{ст}}(T)$ — нормативная площадь сечения стенки, см², к концу срока службы, определяется по формуле (3.12.4.5.2-2) части II «Корпус» Правил.

4.2.2.4 При непрерывной системе технического обслуживания допускаемая площадь поперечного сечения стенки $[f_{\text{ст}}(T_1)]$, см², главных поперечных связей понтона (понтонов), в момент времени $T_1 < 50$ лет, определяется по следующей формуле:

$$[f_{\text{ст}}(T_1)] = f'_{\text{ст}}(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1)\right] , \quad (4.2.2.4)$$

где $\omega_k(T) = 1 + \frac{\Delta f_{\text{ст}}(T)}{f'_{\text{ст}}(T)}$;

$\Delta f_{\text{ст}}(T)$ — добавка к площади стенки поперечной связи, включающая запас на износ за весь срок службы, см², определяемая по формулам, приведенным в 3.12.4.5.1 части II «Корпус» Правил.

4.2.3 Листы.

4.2.3.1 При общем износе допускаемая остаточная толщина листа $[S'_1]$, мм, к моменту последней дефектации, определяется по следующей формуле:

$$[S'_1] = 1,05 S'(T) , \quad (4.2.3.1)$$

где $S'(T)$ — толщина листа, мм, требуемая Правилами к концу срока службы $T = 50$ лет и определяемая согласно рекомендациям 3.12.4.1, 3.12.4.5.10 и 3.12.4.6.8 части II «Корпус» Правил с учетом требований как к местной прочности, так и к устойчивости.

4.2.3.2 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемая остаточная толщина листа $[S'_1(T_1)]$, мм, в момент времени $T_1 < 50$ лет, определяется по более точной формуле, учитывающей индивидуальные особенности плавучего дока:

$$[S'_1(T_1)] = S'_1(T) + u_i(T - T_1) , \quad (4.2.3.2-1)$$

где u_i — стандартная скорость износа, мм/год, регламентируемая Правилами (табл. 3.12.1.4.2, часть II «Корпус»), или фактическая скорость износа для i -й связи.

При местном износе допускаемая остаточная толщина участка листа $[S_3]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_3] = 0,85 [S'_1] , \quad (4.2.3.2-2)$$

где $[S'_1]$ — определяется согласно 4.2.3.1.

Для участка листа с канавочным износом протяженностью 100 мм и менее следует принимать нормативы как для листа с язвенным износом согласно 4.2.3.3.

4.2.3.3 При язвенном износе допускаемая остаточная толщина листа $[S_4]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_4] = 0,30 S_0 , \quad (4.2.3.3)$$

где S_0 — построечная толщина листа, мм,
но не менее 3 мм.

4.2.4 Балки основного и рамного набора.

4.2.4.1 Допускаемый остаточный момент сопротивления поперечного сечения балки набора $[W_1]$, см³, к моменту последней дефектации, определяется по следующей формуле:

$$[W'_1] = 1,05 W'(T) , \quad (4.2.4.1)$$

где $W'(T)$ — момент сопротивления балок основного и рамного набора, определяемый по формуле (1.6.4.2) с учетом требований 3.12.4.1, 3.12.4.5.10 и 3.12.4.6.8 части II «Корпус» Правил.

4.2.4.2 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемый остаточный момент сопротивления балок основного и рамного набора $[W_1(T_1)]$, см³, в момент времени $T_1 < 50$ лет, определяется по формуле, учитывающей индивидуальные особенности конструкции:

$$[W_1(T_1)] = W'(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1) \right], \quad (4.2.4.2)$$

где $\omega_k(T)$ — множитель, определяющий поправку на износ за весь срок службы, определяемый согласно 1.1.5.3 части II «Корпус» Правил.

4.2.4.3 Допускаемая остаточная площадь поперечного сечения балки основного или рамного набора $[f'_1]$, см², к моменту последней дефектации $T_1 < 50$ лет, определяется по следующей формуле:

$$[f'_1] = 1,05 f'_1(T), \quad (4.2.4.3)$$

где $f'_1(T)$ — площадь поперечного сечения стенки к концу срока службы, см², определяемая по формуле (1.6.4.3-2) части II «Корпус» Правил.

4.2.4.4 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемая площадь поперечного сечения стенки $[f_1(T_1)]$, см², основного и рамного набора в момент времени $T_1 < 50$ лет, определяется по более точной формуле, учитывающей индивидуальные особенности конструкции:

$$[f_{ct}(T_1)] = f'_{ct}(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1) \right], \quad (4.2.4.4)$$

где $\omega_k(T)$ — коэффициент учета запасов на износ за весь срок службы, определяемый согласно 1.1.5.3 части II «Корпус» Правил для катанных профилей и по следующей формуле:

$$\omega_k(T) = 1 + \frac{\Delta f_{ct}(T)}{f'_{ct}(T)} \quad \text{— для составных сварных балок;}$$

$\Delta f_{ct}(T)$ — добавка к площади стенки на износ, см², с учетом увеличения толщины стенки на $\Delta S_{ct} = 50u$, где u — стандартная скорость коррозии определяемая по таблице 3.12.1.4.2 части II «Корпус» Правил или по результатам дефектации.

4.2.4.5 При местном износе допускаемая остаточная толщина участка элемента балки набора $[S_3]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_3] = 0,85 [S_1], \quad (4.2.4.5)$$

где $[S_1]$ — определяется согласно 4.2.3.1.

4.2.4.6 При язвенном износе допускаемая остаточная толщина элемента балки набора $[S_4]$, мм, определяется по формуле (4.2.3.2-2).

4.2.5 Раскосы, стойки, распорки.

4.2.5.1 Допускаемая площадь сечения распорок, стоек и раскосов $[S]$, см², к моменту последней дефектации определяется по следующей формуле:

$$[S_1] = 1,05 S'(T), \quad (4.2.5.1)$$

где $S'(T)$ — площадь сечения, см², требуемая Правилами к концу срока службы $T = 50$ лет, определяемая в соответствии с положениями 3.12.4.3 Правил.

4.2.5.2 При непрерывной системе технического обслуживания, допускаемая площадь поперечного сечения распорок, стоек, раскосов:

$$[S(T_1)] = S'(T) \left[1 + \frac{\omega_k(T) - 1}{T} (T - T_1) \right], \quad (4.2.5.2)$$

где $\omega_k(T) = 1 + \frac{\Delta S(T)}{S'(T)}$ — коэффициент, учитывающий износ за весь срок службы;

$$\Delta S(T) = 0,1 \sum_1^n u_i b_i S_i;$$

u_i — скорость износа i -го элемента распорки шириной b_i и толщиной S_i (в см), мм/год, определяемая по табл. 3.12.1.4.2 части II «Корпус» Правил или по результатам дефектации.

4.2.6 Сварные швы, заклепочные и болтовые соединения.

4.2.6.1 При износе сварного шва на протяжении свыше 0,3 м допускаемые износы устанавливаются следующими:

для стыковых швов — не ниже поверхности элемента корпуса с меньшей толщиной в соединении;

для угловых швов — уменьшение калибра на 1 мм или на 20 %, в зависимости от того, что меньше.

4.2.6.2 При износе сварного шва на протяжении от 0,1 м до 0,3 м его допускаемая остаточная толщина $[S_3^*]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_3^*] = 0,9 [S_3], \quad (4.2.6.2)$$

где $[S_3]$ — допускаемая остаточная толщина участка листа, мм, в котором расположен сварной шов.

4.2.6.3 При износе сварного шва на протяжении до 0,1 м его допускаемая остаточная толщина $[S_4]$, мм, определяется по формуле (4.2.3.3).

4.2.6.4 Допускаемые износы заклепочных соединений устанавливаются следующими:

для плоских и полукруглых головок — не более 0,2 диаметра стержня заклепки;

для потайных и полупотайных головок — в глубину не более 0,1 диаметра стержня заклепки; при обнаружении мелкой зенковки и наличии пороков клепки, что устанавливается выборочной засверловкой заклепок, допускаемая глубина износа потайной головки должна быть уменьшена до 0,05 диаметра заклепки;

расстояние от центра заклепок крайнего ряда до изношенной кромки листа не должно быть менее 1,3 диаметра стержня заклепки.

4.2.6.5 Допускаемый износ гаек и головок болтов не должен превышать 0,2 их диаметра.

4.2.7 Местные подкрепления.

При общем износе допускаемая остаточная толщина местного подкрепления $[S_1]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_1] = 0,50S_0, \quad (4.2.7)$$

где S_0 — построечная толщина местного подкрепления, мм.

4.2.8 Доки с продолжительностью последующей эксплуатации менее 5 лет.

4.2.8.1 Уменьшение допускаемого остаточного момента сопротивления поперечного сечения корпуса для палубы, днища $[W_{п(дн)}]$, см³, определяемого согласно 4.2.1, является предметом специального рассмотрения Регистром.

4.2.8.2 При общем износе допускаемая остаточная толщина листов и балок набора $[S_1]$, мм, определенная согласно 4.2.2, 4.2.3, может быть уменьшена на величину ΔS^* , мм, определяемую по следующей формуле:

$$\Delta S^* = (5 - \tau)u_{\phi}, \quad (4.2.8.2)$$

где τ — срок до ближайшего освидетельствования, ремонта или списания дока, год, $\tau < 5$;

u_{ϕ} — среднегодовой износ элемента корпуса, мм/год, определяемый по формуле (4.5.3.2), но не более среднегодового $u_{ср}$, мм/год, согласно Правилам.

Для сварных швов, изношенных на протяжении свыше 0,3 м, при освидетельствовании и выборочных замерах не реже, чем каждые 2,5 года, допускаемые износы могут быть следующими:

для стыковых швов — до $0,95S'_1$, (где S'_1 — определяется согласно 4.2.6), но не более 1 мм от поверхности листа;

для угловых швов — уменьшение калибра на 1,5 мм или на 30 % в зависимости от того, что меньше.

Допускаемые износы заклепочных и болтовых соединений устанавливаются согласно 4.2.6.

При общем износе допускаемая остаточная толщина местных подкреплений устанавливается согласно 4.2.7.

4.2.8.3 При местном износе допускаемая остаточная толщина элементов корпуса $[S_3]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_3] = 0,85[S_1], \quad (4.2.8.3)$$

где $[S_1]$ — определяется согласно 4.2.3.1.

4.2.8.4 При язвенном износе допускаемая остаточная толщина элемента корпуса $[S_4]$, мм, определяется по следующей формуле:

$$[S_4] = 0,3S_0, \text{ при } 2,5 < \tau \leq 5, \text{ но не менее } 3 \text{ мм}; \quad (4.2.8.4-1)$$

$$[S_4] = 0,25S_0, \text{ при } 1 < \tau \leq 2,5, \text{ но не менее } 2,5 \text{ мм}; \quad (4.2.8.4-2)$$

$$[S_4] = 0,2S_0, \text{ при } \tau \leq 1, \text{ но не менее } 2 \text{ мм}, \quad (4.2.8.4-3)$$

где S_0 — построечная толщина, мм;
 τ — определяется согласно 4.2.8.2.

4.3 КОНСТРУКЦИИ С ДЕФОРМАЦИЯМИ

4.3.1 Характеристики поперечного или продольного сечения корпуса.

4.3.1.1 Допустимая суммарная протяженность бухтин, гофров и вмятин для стапель-палубы и днища не должны превышать 40 % ширины стапель-палубы или днища (в одном сечении).

$$[\Sigma l_i] \leq 0,4B_1. \quad (4.3.1.1)$$

4.3.1.2 Допускаемое значение суммарной протяженности вмятин в продольных сечениях средней части понтонов не должно превышать половины расстояния между поперечными пронизаемыми переборками.

Норматив $[\sum_{i=1}^n l_{i_{b(d)}}]$ может быть уточнен с помощью специальных мето-

дик по согласованию с Регистром.

4.3.2 Бухтины и гофрировки.

4.3.2.1 Листовые конструкции, имеющие отдельные бухтины, могут не ремонтироваться, если в них отсутствуют трещины и разрывы.

4.3.2.2 Предельная величина относительной стрелки прогиба гофрировки косинусоидальной формы в настиле стапель-палубы плавучих доков, использующих тяжелую колесную технику малой механизации ремонтных работ, не должна превышать:

$$[f/a] = 0,03, \quad (4.3.2.2)$$

где a — шпация, мм.

4.3.2.3 Для нижних листов стенок и днища башен понтонных доков при поперечной системе набора относительная стрелка прогиба гофрировки косинусоидальной формы не должна превышать:

$$[f/a]=0,02, \quad (4.3.2.3)$$

где a — шпация, мм.

4.3.2.4 Для нижних и верхних листов стенок поперечных и продольных переборок понтона монолитных доков и стенок поперечных переборок понтонных доков относительная стрелка прогиба гофрировки косинусоидальной формы не должна превышать:

$$[f/a]=0,025, \quad (4.3.2.4)$$

где a — шпация, мм.

4.3.2.5 Для днищевой обшивки монолитных доков при поперечной системе набора относительная стрелка прогиба не должна превышать:

$$[f/a]=0,035, \quad (4.3.2.5)$$

где a — шпация, мм.

4.3.2.6 Для листов, сжимаемых при общем продольном и поперечном изгибах корпуса дока вдоль короткой стороны опорного контура, относительная стрелка остаточного прогиба не должна превышать:

$$[f/a] \leq 0,02, \quad (4.3.2.6)$$

где a — шпация, мм.

4.3.2.7 Во всех остальных случаях относительная стрелка прогиба гофрировки косинусоидальной формы не должна превышать:

$$[f/a]=0,05, \quad (4.3.2.7)$$

где a — расстояние между ребрами, мм.

4.3.3 Вмятины и выпучины.

4.3.3.1 Для вмятин в конструкциях с балками основного набора, не участвующими в общем продольном и поперечном изгибах, изготовленными из стали с пределом текучести $R_{eH} = 235$ МПа, допускаемые значения нормативов устанавливаются следующими:

$$[f_{300}] = 840/h; [f/c] = 0,1; [d/h] = 0,15, \quad (4.3.3.1)$$

где $[f/l]$ — определяется в зависимости от l'/h (см. табл. 4.3.3.1).

l — длина ребра, мм;

h — высота профиля, мм;

d — максимальное отклонение деформированной балки набора от первоначальной плоскости, измеренное на уровне свободного пояса, мм;

c — отстояние точки максимума стрелки прогиба деформированной балки набора до ближайшей недеформированной ее опоры, мм;

Таблица 4.3.3.1

Допускаемые значения норматива $[f/l]$

l'/h	$[f/l]$
10 и менее	0,05
12	0,055
16	0,07
20	0,08
24	0,088
30 и более	0,097

f_{300} — остаточная стрелка прогиба балки набора, измеренная на базе 300 мм в районе максимума ее прогиба, мм;

l' — длина вмятины по набору, мм;

f — максимальная остаточная стрелка прогиба по результатам дефектации, мм.

Промежуточные значения $[f/l]$ определяются путем линейной интерполяции.

4.3.3.2 Для деформированных ребер и вмятин, подверженных воздействию осевых сжимающих напряжений от общего продольного и поперечного изгиба допустимые величины относительных стрелок остаточного прогиба не должны превышать:

$$[f/l] \leq 0,01, \quad a[d/h] \leq 0,05. \quad (4.3.3.2)$$

4.3.3.3 Для выпучин в стенке балки рамного набора, а также примыкающих листах переборки, палубы или платформы, изготовленных из стали с $R_{eH} = 235$ МПа, допускаемое значение норматива $[f/l]$ устанавливается следующим образом:

при наличии в стенке балки рамного набора вырезов, примыкающих к листу

$$[f/l] = 0,05; \quad (4.3.3.3-1)$$

при отсутствии в стенке балки рамного набора вырезов, примыкающих к листу

$$[f/l] = 0,07. \quad (4.3.3.3-2)$$

4.3.3.4 Допускаемые стрелки остаточного прогиба сжатых распорок, стоек и раскосов:

$$[f/l] = 0,006. \quad (4.3.3.4)$$

4.4 КОНСТРУКЦИИ С ТРЕЩИНАМИ

4.4.1 Общие рекомендации.

Трещины в корпусах плавучих доков не являются типовыми повреждениями и должны, как правило, устраняться после обнаружения, с установлением причин трещинообразования, особенно дефектов конструктивно-технологического оформления узла на основе специального экспертного заключения.

Допускаемая длина трещины $[\lambda]$, мм, принимается согласно табл. 4.4.1.

Таблица 4.4.1

Допускаемая длина трещины $[\lambda]$, мм

Элемент корпуса	Материал	
	Сталь с $R_{eH} = 235$ МПа и алюминиевый сплав	Сталь повышенной прочности
Листы	200	150
Балки набора	0,15h, но не более 150 мм	0,1h, но не более 100 мм
Соединительные элементы и местные подкрепления	0,15c, но не более 150 мм	0,1c, но не более 100 мм
h — высота балки набора, мм; c — катет кницы, протяженность грани местного подкрепления, вдоль которой распространяется трещина, мм.		

4.4.2 Временное ограничение площади трещины или пробоины в балластных отсеках.

При оценке «Годен с ограничениями», временно может быть допущена водотечность с допускаемой площадью трещины $[f]$, см^2 , (свищи или пробоины) с учетом производительности насосов $[P_n]$, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$[f] \leq 2,09 \frac{K_n^\Phi P_n^0}{H_2 - H_1} (\sqrt{d - H_1} - \sqrt{d - H_2}), \quad (4.4.2-1)$$

где P_n^0 — номинальная производительность насоса, $\text{м}^3/\text{час}$;

$K_n^\Phi = P_n^\Phi / P_n^0$ — коэффициент допустимого уменьшения номинальной производительности насоса;

H_1 и H_2 — уровни балласта в отсеке, максимальный и минимальный, м;

d — осадка дока, м, в режиме нормальной эксплуатации.

Фактическая площадь f_Φ , см^2 , определяется экспериментально, путем определения времени τ_Φ , час, необходимого для заполнения отсека с размерами L_0 и B_0 , м, от уровня H_2 до уровня H_1 , м, при осадке d , м:

$$f_\Phi = \frac{2,09 L_0 B_0}{\tau_\Phi} (\sqrt{d - H_1} - \sqrt{d - H_2}). \quad (4.4.2-2)$$

4.5 КОНСТРУКЦИИ С ИНТЕНСИВНЫМ ИЗНОСОМ И ПРОГРЕССИРУЮЩИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ

4.5.1 Положения настоящей главы применимы к элементам корпуса, которые подпадают под действие 4.1.9.

4.5.2 Допускаемый остаточный момент сопротивления его поперечного сечения для палубы, днища $[W_{н(дн)}]$, см³, определяются по формуле (4.2.1.1).

4.5.3 Для элементов корпуса со среднегодовым износом $u_{фS}$, мм/год, превышающим среднегодовой износ $u_{ср}$, мм/год, согласно Правилам, допускаемая остаточная толщина $[S_1]$, мм, определяемая в соответствии с 4.2, должна быть увеличена на величину $\Delta S_{ф}$, мм, определяемую по следующей формуле:

$$\Delta S_{ф} = 5(u_{фS} - u_{ср}), \quad (4.5.3-1)$$

$$\text{где } u_{фS} = \frac{S_0 - S'_1}{T}; \quad (4.5.3-2)$$

либо определен допускаемый срок $[T]$, лет, их последующей эксплуатации по следующей формуле:

$$[T] = \frac{S'_1 + 5u_{ср} - [S_1]}{S_0 - S'_1} T, \quad (4.5.3-3)$$

где S'_1 — средняя остаточная толщина элемента корпуса, мм, определенная в настоящей дефектации корпуса в соответствии с 3.2;

S_0 — построечная толщина элемента корпуса, мм;

T — продолжительность эксплуатации, лет, элемента корпуса от даты его докового ремонта.

4.5.4 Для элементов корпуса с прогрессирующими (увеличивающимися) параметрами остаточных деформаций со скоростью $u_{фf}$, мм/год, допускаемые стрелки прогиба $[f]$, мм, по всем видам деформаций, определяемые в соответствии с 4.3, должны быть уменьшены на величину, Δf , мм, определяемую по следующей формуле:

$$\Delta f = 5u_{фf}, \quad (4.5.4-1)$$

$$\text{где } u_{фf} = \frac{f'_1 - f'_2}{T}; \quad (4.5.4-2)$$

либо определен допускаемый срок $[T]$, лет, их последующей эксплуатации по следующей формуле:

$$[T] = \frac{[f]^2 - (f'_1)^2}{(f'_1)^2 - (f'_2)^2} T, \quad (4.5.4-3)$$

где f'_1 и f'_2 — стрелки прогиба элемента корпуса, мм, определенные в настоящей и предыдущей дефектациях корпуса в соответствии с 3.3 в зависимости от вида деформации;

T — промежуток времени, лет, между настоящей и предыдущей дефектациями корпуса. Допускается устанавливать $T = 5$ годам, как промежуток времени между очередными освидетельствованиями дока.

5 УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕМОНТУ КОРПУСА

5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1.1 Настоящий раздел регламентирует ремонт корпуса с повреждениями, для которого установлен вид технического состояния "НЕ ГОДЕН".

5.1.2 В отремонтированных конструкциях корпуса должны быть восстановлены прочность, жесткость, непроницаемость до уровня, не ниже определенного Инструкцией для видов технического состояния "ГОДЕН", "ГОДЕН С ОГРАНИЧЕНИЯМИ" в соответствии с условиями разд. 2 настоящей Инструкции.

5.1.3 В качестве методов ремонта конструкций рекомендуются замена, подкрепление, правка, заварка и заплавка¹. Допускается, если не отмечено особо, ремонтировать только участок конструкции с повреждением.

5.1.4 В качестве методов ремонта конструкций, не участвующих в обеспечении общей прочности, по согласованию с Регистром допускаются подкрепления в виде дублирующих листов.

5.1.5 Выбор метода ремонта следует определять исходя из:

вида повреждения и его численных параметров;
участка поврежденной конструкции и его расположения в корпусе;
возможных причин, вызвавших повреждение;
возраста и продолжительности последующей эксплуатации дока;
уровня качества выполнения работ на судоремонтном заводе.

5.1.5.1 Вид повреждения и его численные параметры должны быть определены в соответствии с разд. 3 настоящей Инструкции.

5.1.5.2 Участок поврежденной конструкции необходимо оценить по степени важности его в конструкции в соответствии с назначением, классификацией групп связей согласно требованиям Правил и с учетом требований к непроницаемости.

5.1.5.3 Возможными причинами, вызвавшими повреждение, могут быть: ошибки проектирования;
внутренние дефекты материала;
технологические ошибки и низкое качество изготовления конструкции;
ошибки и непредусмотренные случаи эксплуатации.

5.1.5.4 Продолжительность последующей эксплуатации дока должна быть определена в зависимости от возраста дока, технического состояния

¹ В настоящей Инструкции не рассматриваются методы ремонта, связанные с существенными изменениями и модернизацией корпуса.

корпуса, устройств, механизмов, электрооборудования и приборов, а также намерений владельца дока в отношении объемов ремонта.

Продолжительность эксплуатации дока определяется в годах, если она составляет менее 5 лет, и кратна 5 годам, при большем сроке последующей эксплуатации.

5.1.5.5 Следует учитывать, что при низком качестве выполнения ремонта конструкции могут оказаться менее надежными, чем в исходном состоянии с повреждением. Уровень качества выполнения работ на судоремонтном заводе, следует оценивать относительно уровня качества выполнения работ при постройке дока.

5.1.5.6 Метод ремонта в каждом конкретном случае определяется владельцем дока и подлежит предварительному согласованию с Регистром.

5.1.6 Техническая документация по проекту ремонта корпуса в виде конструктивных чертежей, расчетно-пояснительных записок, технологических карт, ведомостей и т. д. подлежит согласованию с Регистром.

Допускается не восстанавливать конструкцию до построечного варианта. При определении размеров конструкций необходимо учитывать условия и продолжительность последующей эксплуатации дока.

Требуемая толщина восстанавливаемого элемента корпуса должна быть не менее определяемой по следующей формуле:

$$S = [S_1'] + (T - 5)u_{\text{ср}}, \quad (5.1.6)$$

где S — требуемая толщина восстанавливаемого элемента корпуса, мм;

$[S_1']$ — допускаемая остаточная толщина восстанавливаемого элемента корпуса, мм, при общем износе, определяемая в соответствии с 4.2.3.1 с учетом 4.2.1, 4.2.2;

T — предполагаемый срок дальнейшей эксплуатации дока, лет;

$u_{\text{ср}}$ — среднегодовой износ, мм/год, согласно требованиям Правил.

Разность толщин восстановленного элемента и существующего соседнего элемента корпуса не должна превышать 3 мм.

5.1.7 Материал, используемый при ремонте конструкций корпуса, должен соответствовать категории материала, из которого изготовлена конструкция, и иметь сертификат Регистра.

Использование при ремонте элементов корпуса стали с категорией как повышенной прочности, так и более низкой прочности по отношению к исходному варианту может быть допущено при наличии расчетных обоснований и согласования с Регистром.

5.1.8 Ремонт корпуса должен выполняться по технологии, согласованной с Регистром.

5.1.9 Все работы, связанные с ремонтом корпуса, должны проводиться под наблюдением Регистра.

5.1.10 Отремонтированные конструкции подлежат предъявлению Регистру с проведением в необходимых случаях испытаний в соответствии

с Правилами классификационных освидетельствований судов. Также должны быть учтены требования Правил к остойчивости дока.

5.1.11 Качественное выполнение ремонта конструкций и прохождение испытаний является основанием для возобновления класса дока.

5.2 КОНСТРУКЦИИ С ИЗНОСАМИ

5.2.1 Методы ремонта.

5.2.1.1 Для элементов корпуса с износами рекомендуются следующие методы ремонта:

- замена элемента корпуса или его участка;
- подкрепление элемента корпуса или его участка;
- заплавка участка элемента корпуса.

5.2.1.2 Заменяющие элементы корпуса или его участка должны иметь толщину не менее определенной по формуле (5.1.6).

При замене балок набора узлы их пересечений с перекрестным набором должны быть выполнены так, чтобы обеспечивалась конструктивная непрерывность балок основного набора.

5.2.1.3 Подкрепление элемента корпуса или его участка может быть выполнено при помощи:

- наружного дополнительного набора, устанавливаемого на листы обшивки башни дока;

- накладных полос для увеличения момента сопротивления поперечного сечения корпуса дока и балок набора;

- дублирующих листов для местных подкреплений конструкций и обеспечения непроницаемости;

- балок набора и ребер жесткости для увеличения момента сопротивления поперечного сечения корпуса дока и местных подкреплений конструкций;

- накладных полос толщиной не более чем на 50 % превышающую остаточную толщину листа подкрепляемой конструкции, но не более 30 мм, ширину — не более 50 собственных толщин, но не более 700 мм. Применение накладных полос с параметрами, выходящими за указанные пределы является предметом специального рассмотрения Регистра.

Перед установкой сопрягаемые поверхности полосы и конструкции корпуса должны быть тщательно очищены и подогнаны. Зазоры между поверхностями сопрягаемых листов не должны превышать 2 мм.

Перед установкой накладных полос должны быть приняты меры для максимального снижения продольного или поперечного изгибающего моментов корпуса.

Накладную полосу следует устанавливать с применением угловых сварных швов. Не допускается применение пробочных и прерывистых

швов. Стыковые сварные швы накладных полос должны иметь 100 %-й контроль качества сварки. Для накладных полос, расположенных ниже ватерлинии, должна быть выполнена проверка качества угловых сварных швов испытанием наддувом воздуха с нанесением пенообразующего состава.

Конструктивное оформление стыков полос между собой следует выполнять в соответствии с рис. 5.2.1.3-1, а их окончаний — в соответствии с рис. 5.2.1.3-2.

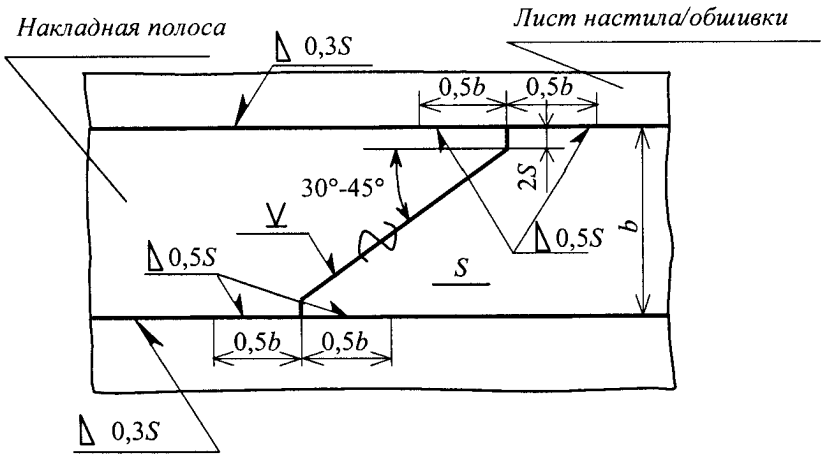


Рис. 5.2.1.3-1
Оформление стыков накладных полос

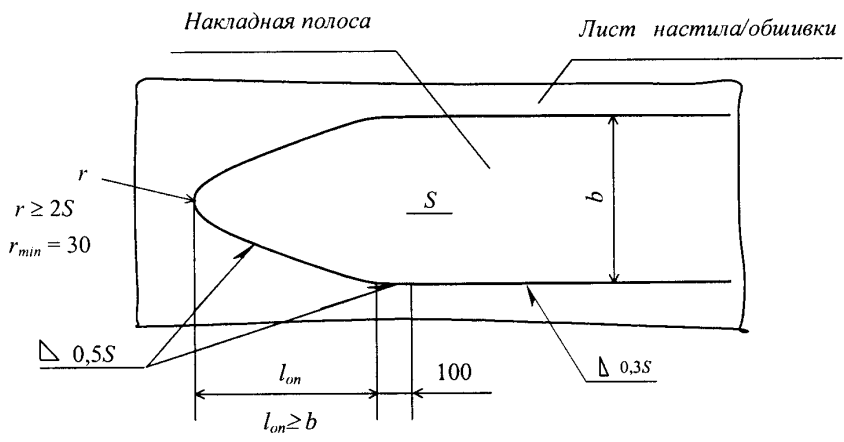


Рис. 5.2.1.3-2
Оформление окончаний накладных полос

Дублирующие листы должны соответствовать положениям согласованных Регистром документов в части размеров, материала, технологии изготовления и установки на ремонтируемый элемент корпуса. Не допускается применение дублирующих листов в районах интенсивной вибрации и воздействия ледовых нагрузок.

Подкрепляющие балки набора и ребра жесткости должны иметь размеры, определенные расчетом с учетом срока предполагаемой эксплуатации.

Подкрепляющие балки набора могут быть интеркостельными. Концы балок набора следует закреплять на балках рамного набора в соответствии с существующим конструктивным оформлением их в корпусе. При выборе другого варианта закрепления концов балок набора это должно быть учтено при определении размеров подкрепляющих балок набора.

5.2.1.4 Заплавка участка элемента корпуса должна выполняться электродами, соответствующими категории стали, из которой изготовлен ремонтируемый участок.

Перед выполнением сварочных работ участок элемента корпуса должен быть тщательно очищен от продуктов коррозии и подготовлен для сварки.

Во время сварочных работ следует применять рациональные режимы сварки с необходимой погонной энергией, концентрацией тепла, последовательностью наложения сварных швов или наплавов.

По окончании сварочных работ сварной шов или наплавку необходимо обработать и проверить на отсутствие трещин.

5.2.2 Характеристики поперечного сечения корпуса.

5.2.2.1 Для восстановления необходимых характеристик поперечного сечения корпуса допускается ремонт в виде замены и/или подкрепления топ-палубы, ширстрека, днища, стапель-палубы, борта, внутреннего борта, продольных переборок с прилегающими к ним продольными балками набора.

5.2.2.2 Протяженность ремонтируемого участка по длине корпуса должна определяться на основании результатов дефектации кольцевых сечений корпуса. При протяженности ремонтируемого участка менее длины средней части дока необходимо в сечениях корпуса, граничащих с ремонтируемыми, проверить достаточность размеров связей для выполнения положений 2.2.1.

5.2.2.3 Размеры отремонтированных связей, воспринимающих сжимающие нагрузки, должны проверяться на соблюдение требований Правил к устойчивости.

5.2.2.4 Подкрепление корпуса может быть выполнено в виде установки накладных полос и/или дополнительных продольных балок набора.

Применение накладных полос для увеличения момента сопротивления поперечного сечения корпуса $W'_{п(дн)}$ более чем на 20 % является предметом специального рассмотрения Регистра.

Рекомендуемое расположение накладных полос показано на рис. 5.2.2.4-1.

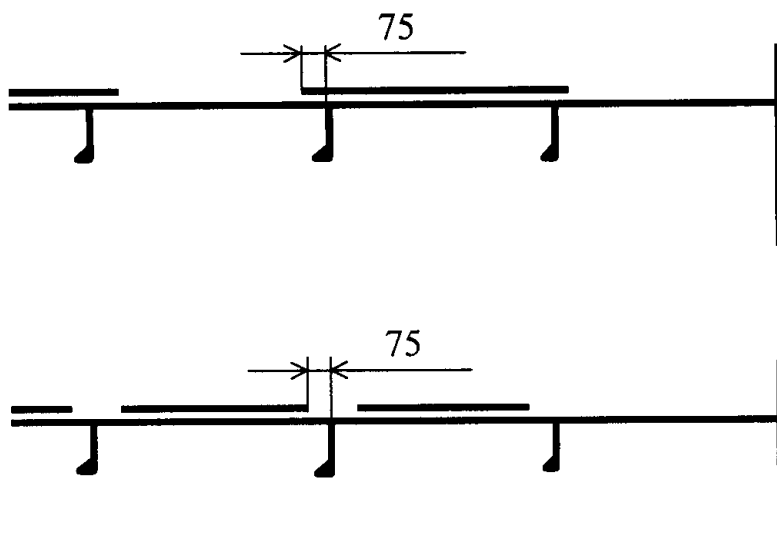


Рис. 5.2.2.4-1
Расположение накладных полос

Протяженность подкреплений по длине дока должна быть достаточной для обеспечения $[W_{п(дн)}]$ в контролируемых сечениях корпуса и во всех случаях перекрывать среднюю часть дока.

Дополнительные балки набора могут устанавливаться между существующими балками набора, а также, где это возможно по условиям эксплуатации дока, с обратной стороны поверхности листа, например, на наружной стороне бортовой обшивки дока (см. рис. 5.2.2.4-2).

5.2.3 Листы.

5.2.3.1 При общем износе толщина заменяемого листа должна быть не менее определенной по формуле (5.1.6). Для листов наружной обшивки, обшивок переборок, настилов палуб в районе интенсивной вибрации замененные листы должны иметь толщины, требуемые Правилами для нового дока.

Допускается ремонт листа производить с помощью дублирующего листа. Для связей, участвующих в обеспечении продольной прочности корпуса, возможность применения дублирующих листов должна быть обоснована расчетом. Листы, участвующие в обеспечении продольной прочности корпуса и отремонтированные с помощью дублирующих листов, должны учитываться в расчетах $W'_{п(дн)}$ без дублирующих листов. Для листов

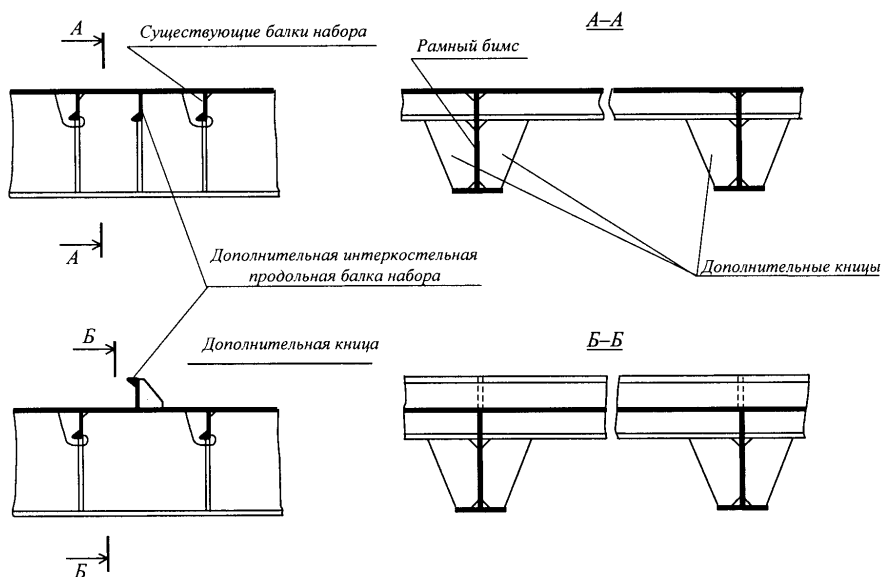


Рис.5.2.2.4-2
Установка дополнительных балок набора

конструкций, обеспечивающих непроницаемость и отремонтированных с помощью дублирующих листов, необходимо провести испытания в соответствии с Правилами классификационных освидетельствований судов.

5.2.3.2 При местном износе суммарная площадь замененных несмежных участков не должна превышать 40 % площади листа.

Допускается ремонт изношенного участка листа с местным износом производить с помощью дублирующего листа. Листы с линейным износом в районах ледового пояса и усиления корпуса для швартовок не допускается ремонтировать с помощью накладных полос.

При ремонте изношенного участка листа подкреплением с помощью интеркостельных балок или ребер жесткости необходимо расчетом подтвердить эффективность конструктивных решений. При этом допускаемая остаточная толщина участка листа $[S_3]$ может быть уменьшена с учетом выполненного подкрепления.

Листы с канавочным износом допускается ремонтировать подваркой. При этом суммарная площадь наплавки не должна превышать 5 % площади ячейки листа.

5.2.3.3 При язвенном износе листа допускается производить ремонт заплавкой с соблюдением тех же положений, что и для листов с канавочным

износом. Не допускается ремонт заплатами язвин, отстоящих от клепаного шва менее чем на 50 мм.

При ремонте методом замены ячейки листа с язвинами следует руководствоваться положениями 5.1.6.

Допускается временный ремонт ячейки листа с язвинами производить с помощью дублирующего листа.

5.2.4 Балки набора.

5.2.4.1 При общем износе балка набора должна заменяться полностью, если потерянная вследствие износа площадь поперечного сечения ее элемента превышает 60 % первоначальной величины, а также если она расположена в средней части длины дока и является продольным набором палубы или днища.

При ремонте балки набора подкреплением в виде усиления ее элементов необходимо обеспечить усиление по всей длине пролета. Для подкрепления балок набора могут быть использованы накладные полосы по стенкам и поясам, а также балки из катаных профилей. Рекомендуемые схемы подкреплений изношенных балок набора приведены на рис. 5.2.4.1-1. Допускается момент сопротивления поперечного сечения подкрепленной балки набора не увеличивать сверх построечной величины.

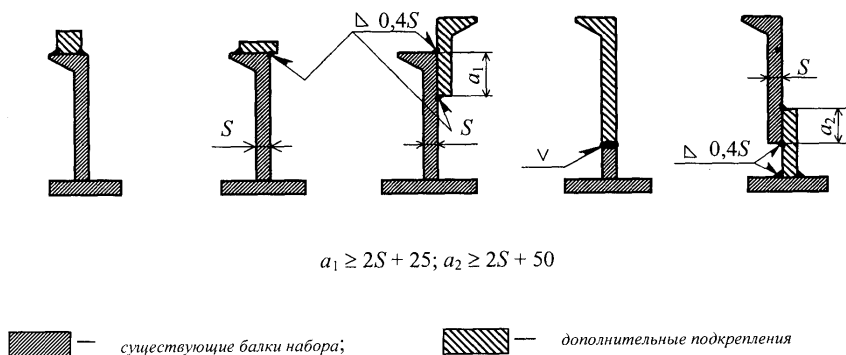


Рис. 5.2.4.1-1
Подкрепления балок набора

Для продольных балок набора палубы и днища в средней части длины дока этот вид ремонта не допускается.

При ремонте балки набора подкреплением в виде дополнительно установленных балок набора или опор (рамных балок) в перекрытии, см. рис. 5.2.4.1-2, необходимо расчетом подтвердить эффективность принятых конструктивных решений. При этом допускаемые остаточные толщины

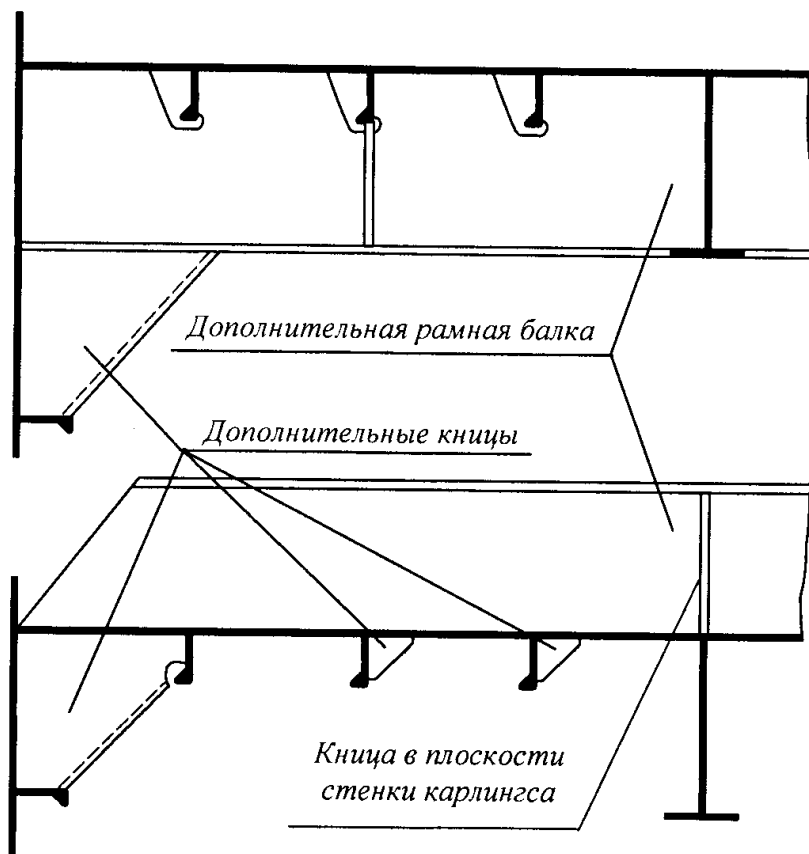


Рис. 5.2.4.1-2
Подкрепление балок основного набора с помощью рамных балок

элементов балки набора $[S_1]$ могут быть уменьшены с учетом выполненного подкрепления.

5.2.4.2 При местном износе пятнами, канавочном износе элемент балки набора может быть заменен на ограниченном участке пролета в районе износа. Замененный участок должен иметь размеры не менее построечных размеров этой балки набора.

При ремонте балки набора подкреплением в виде усиления ее элементов необходимо обеспечить усиление по всей длине изношенного участка. Допускается также подкреплять изношенные участки стенок балок рамного

набора ребрами жесткости. Рекомендуемые схемы подкреплений участков балок набора приведены на рис. 5.2.4.2.

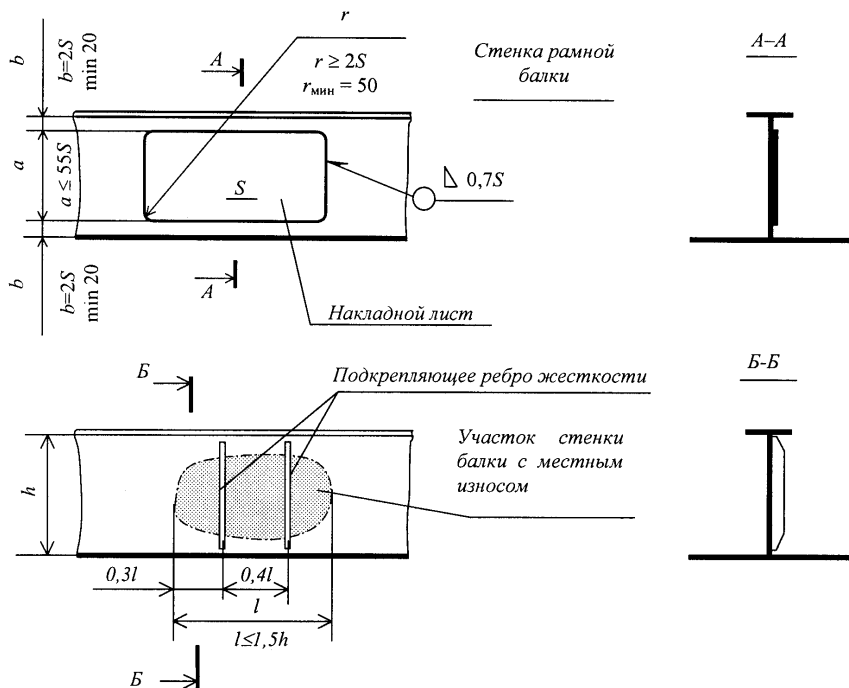


Рис. 5.2.4.2
Подкрепление участка балки набора

Для элементов продольных балок набора палуб и днища в средней части длины дока ремонт методом подкреплений не допускается.

5.2.4.3 При язвенном износе элемент балки набора в случае необходимости может быть отремонтирован методами, изложенными в 5.2.3.3.

5.2.5 Сварные швы и заклепочные и болтовые соединения.

5.2.5.1 Допускается изношенные сварные швы ремонтировать подваркой. В случае необходимости отдельные участки сварных швов могут быть вырублены и заново заварены.

5.2.5.2 Слабые, водотечные или изношенные заклепочные соединения должны переклепываться. Глубина зенковки при замене потайных заклепок должна быть не более 0,9 и не менее 0,7 остаточной толщины той связи, в которой она выполнена.

В отдельных случаях по согласованию с Регистром допускается обварка неослабленных и неводотечных заклепок, единичных водотечных заклепок, а также применение электрозаклепок.

5.2.5.3 Изношенные болты, как правило, заменяются.

5.2.6 Соединительные элементы и местные подкрепления.

5.2.6.1 При общем износе соединительный элемент заменяется в случае замены подкрепляемой им балки набора.

При ремонте балки набора другими методами допускается подкреплять изношенный соединительный элемент. Например, может быть установлено ребро жесткости по стенке кницы, соединяющей рамные связи. В этих случаях необходимо подтвердить расчетом или другим способом эффективность принятых конструктивных решений.

5.2.6.2 При местном износе соединительный элемент допускается заменять частично в районе повышенного износа, например, концов бракет, больших книц. Толщина замененного участка должна быть не менее толщины оставшейся части элемента.

В отдельных случаях по согласованию с Регистром в качестве метода ремонта участка соединительного элемента могут быть применены подкрепления в виде накладных листов или ребер жесткости.

5.2.6.3 Изношенные местные подкрепления, как правило, подлежат полной замене. В необходимых случаях допускается частичная замена наиболее изношенного участка подкрепления.

5.3 КОНСТРУКЦИИ С ДЕФОРМАЦИЯМИ

5.3.1 Методы ремонта.

5.3.1.1 Для элементов корпуса с остаточными деформациями рекомендуются следующие методы ремонта:

замена элемента корпуса или его участка;

подкрепление элемента корпуса или его участка с остаточной деформацией;

правка.

5.3.1.2 Замена элемента корпуса или его участка выполняется в соответствии с положениями 5.2.1.2.

5.3.1.3 Подкрепление элемента корпуса или его участка может быть выполнено с помощью следующих средств:

струн (накладных полос);

балок набора или ребер жесткости.

Струны, балки или ребра жесткости должны быть изготовлены и установлены с соблюдением соответствующих положений 5.2.1.3.

5.3.1.4 Правка деформаций должна выполняться по технологии, одобренной Регистром. Интенсивный нагрев следует осуществлять по всему участку элемента с деформацией.

5.3.2 Характеристики поперечного сечения корпуса.

Для элементов корпуса дока с деформациями, расположенных в средней части дока в расчетной палубе и днище, допускается выполнять ремонт методами замены и подкрепления. Допустимость подкрепления вмятин должна быть обоснована расчетом.

Для продольных балок набора расчетной палубы и днища в средней части дока не допускается выполнение ремонта методом установки струн.

5.3.3 Бухтины и гофрировки.

5.3.3.1 При замене элемента корпуса с бухтинами и гофрами толщина замененного участка должна быть не менее определенной по формуле (5.1.6).

Элемент корпуса с гофрами подлежит ремонту методом замены в случае, если

$$f'/a \geq 1,5[f/a], \quad (5.3.3.1)$$

где f' , f , a , $[f/a]$ — определяются согласно 3.3.3 и 4.3.2.

5.3.3.2 Бухтины и гофры должны быть подкреплены балками набора или ребрами жесткости высотой не менее 75 % высоты существующих балок набора. Рекомендуемая схема подкрепления бухтин и гофров приведена на рис. 5.3.3.2.

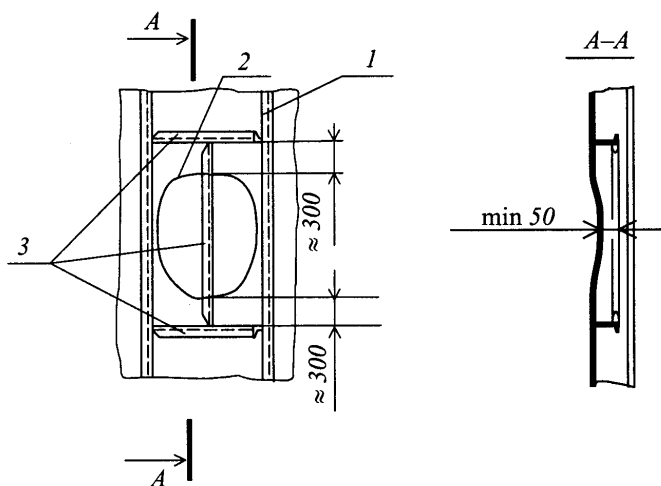


Рис. 5.3.3.2

Подкрепление бухтин и гофров ребрами жесткости:

1 — балка основного набора; 2 — контур бухтины или гофра; 3 — ребра жесткости

5.3.3.3 При ремонте элементов корпуса с бухтинами и гофрами правку одного и того же деформированного участка допускается выполнять не более чем в двух ремонтах с обязательным интенсивным нагревом обшивки, настила в следующих случаях:

для бухтин, у которых деформированный участок обшивки, настила не доходит до балок набора — во всем районе образования бухтины;

для гофр и бухтин, у которых деформированный участок обшивки, настила доходит до балок набора, — вдоль набора и в районе максимума стрелки прогиба.

5.3.4 Вмятины и выпучины.

5.3.4.1 Элемент корпуса с вмятиной и выпучиной подлежит ремонту методом замены в случае, если нет возможности устранить разрыв заваркой согласно 5.4.1.4.

При замене элемента корпуса с вмятинами и выпучинами толщина замененного участка должна быть не менее определенной по формуле (5.1.6).

Балки основного набора в районе вмятины должны ремонтироваться методом замены в случае, если

$$f'/l' \geq 1,5[f/l] \text{ и } f'_{300} > 2[f_{300}], \quad (5.3.4.1)$$

где f' , l' , f'_{300} , $[f/l]$, $[f_{300}]$ — определяется согласно 3.3.4 и 4.3.3.

Элемент корпуса с выпучиной подлежит ремонту методом замены в случае, если $f'/l' > 2[f/l]$.

5.3.4.2 Допускается подкреплять конструкцию в районе вмятины путем установки дополнительных балок набора или ребер жесткости, например, промежуточных шпангоутов, стрингеров. Эффективность подкреплений должна быть обоснована расчетом с учетом конкретных параметров вмятины.

При невыполнении условий 2.3.3.2 только по отклонению стенок балок набора от своей первоначальной плоскости рекомендуется выполнять их подкрепление с помощью струн, привариваемых поверх свободных поясков балок набора перпендикулярно их направлению (рис. 5.3.4.2-1). При установке струн необходимо перекрывать поврежденный район не менее чем на две шпации в каждую сторону. Площадь поперечного сечения струны выбирается близкой к площади поперечного сечения свободного пояска балки набора.

При невыполнении условий 2.3.3.3 допускается выполнять подкрепления выпучин ребрами жесткости, если $f'/l' > 2[f/l]$. Рекомендуемые схемы подкрепления стенок балок набора с выпучинами приведены на рис. 5.3.4.2-2. Толщину подкрепляющего ребра жесткости S следует принимать равной толщине стенки подкрепляемой балки набора, минимальную высоту стенки ребра — из условия $h_{min} \geq 5S$.

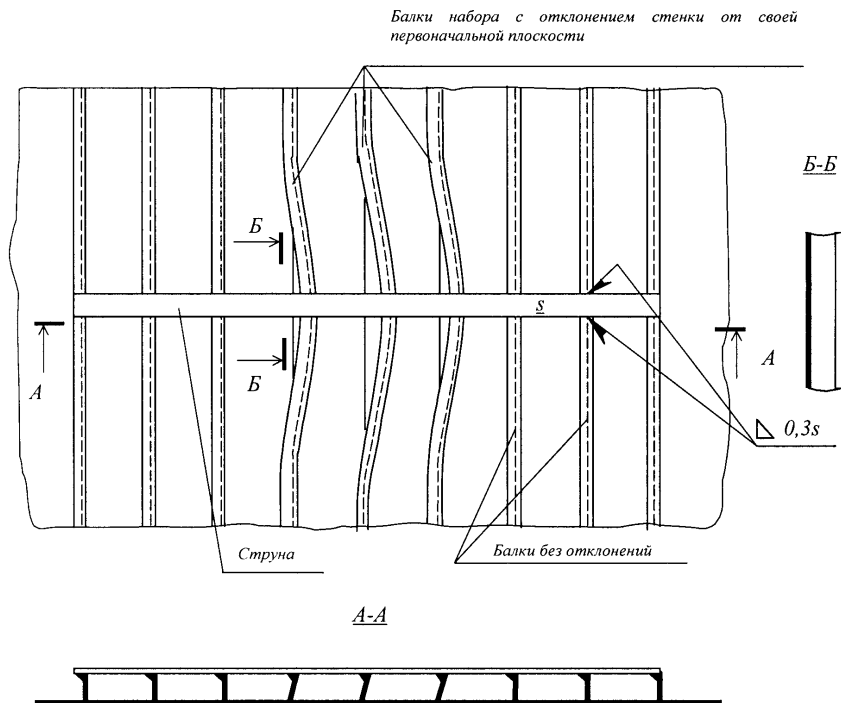


Рис. 5.3.4.2-1
Подкрепление балок набора с помощью струны

5.3.4.3 При ремонте вмятин допускается правка только на участках, не подвергавшихся правке в предыдущих ремонтах, с одновременным интенсивным нагревом балки набора в районе максимума стрелки прогиба и обшивки, настила с прилегающей частью стенки балки набора на контуре вмятины. При правке вмятин с выпучинами должны быть также выполнены положения 5.3.3.1 для бухтин.

5.3.5 Соединительные элементы и местные подкрепления.

5.3.5.1 Кницы с деформированным свободным пояском подлежат ремонту методом замены.

5.3.5.2 Деформированные кницы без свободного пояса/фланца, а также кницы с недеформированным свободным пояском/фланцем допускается подкреплять установкой ребер жесткости.

5.3.5.3 Деформированные местные подкрепления подлежат ремонту методом замены.

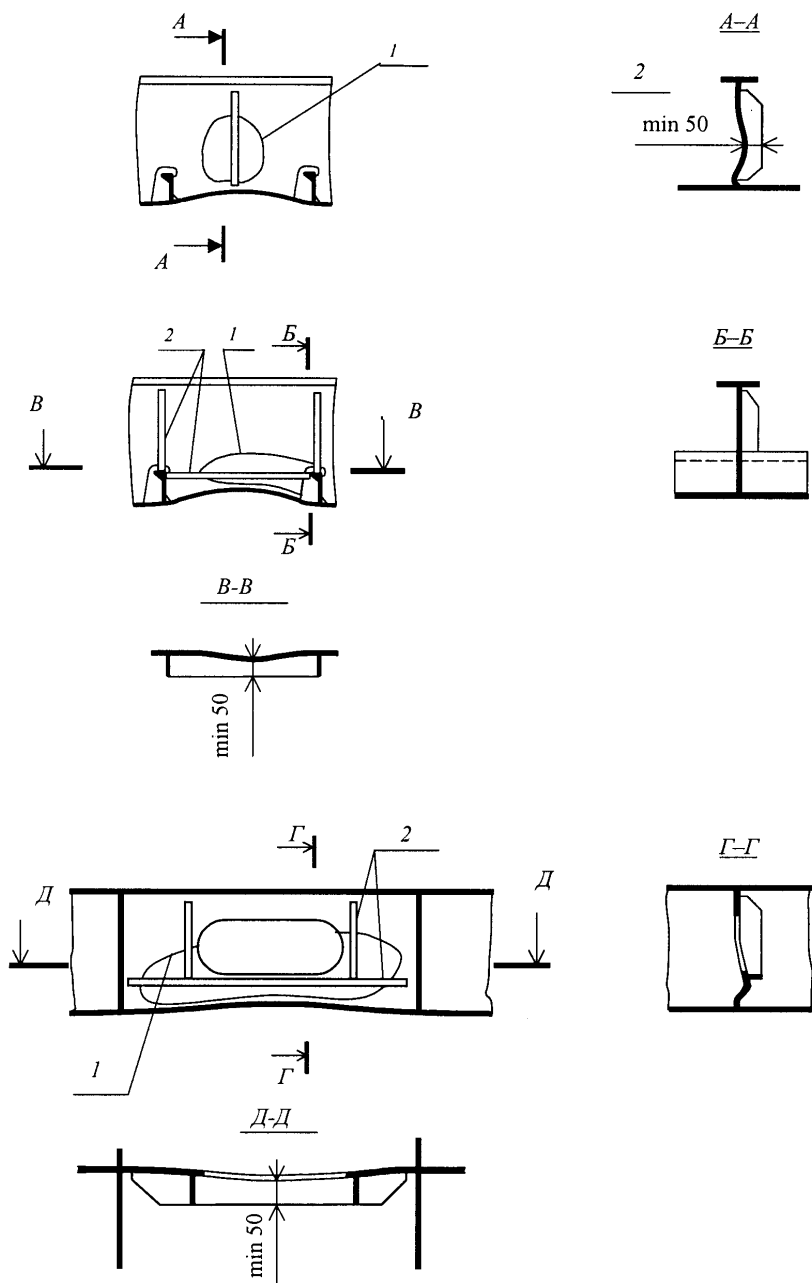


Рис. 5.3.4.2-2 Подкрепления выпучин:
1 — контур выпучины; 2 — ребро жесткости

5.4 КОНСТРУКЦИИ С ТРЕЩИНАМИ И РАЗРЫВАМИ

5.4.1 Методы ремонта.

5.4.1.1 Для элементов корпуса с трещинами и разрывами рекомендуются следующие методы ремонта:

- замена участка элемента корпуса с трещиной или разрывом;
- замена участка элемента корпуса с трещиной или разрывом с модернизацией конструкции;
- заварка.

5.4.1.2 Замена участка элемента корпуса с трещиной рекомендуется в следующих случаях:

- трещина ветвистая, возникла впервые;
- трещина прогрессирующая (растущая);
- вероятными причинами возникновения трещины являются низкое качество материала, его расслоение, грубые технологические ошибки или низкое качество изготовления конструкции, перегрев или пережог материала, могущие привести в последующем к повторному возникновению трещины;
- док моложе 10 лет.

Размеры участка элемента, подлежащего замене, должны быть определены как наибольшие из следующих:

- участок должен полностью перекрывать длину трещины с добавлением 30 мм по направлению распространения трещины от ее вершины;
- граница участка должна располагаться вне участка элемента корпуса с концентрацией напряжений, вызванной его формой;
- размеры участка должны обеспечивать выполнение технологических операций на уровне требуемого качества ремонта.

Для элементов корпуса с разрывами ремонт должен быть выполнен методом замены. Допускается выполнять ремонт в элементах корпуса, не подверженных усилиям от продольного изгиба корпуса, с помощью накладных листов в качестве временного подкрепления до очередного ремонта. Накладной лист должен перекрывать кромку разрыва на величину $2S + 25$ мм, но не более 50 мм, где S — меньшая из толщин соединяемых листов, мм.

5.4.1.3 Замена участка элемента корпуса с трещиной с модернизацией конструкции рекомендуется в следующих случаях:

- трещина ветвистая, возникла повторно;
- трещина прогрессирующая (растущая), возникла повторно;
- вероятными причинами возникновения трещины являются ошибки проектирования ("жесткие" точки, концентрация напряжений и т. д.), вибрация корпуса и механизмов.

Замена участка элемента корпуса с трещиной с модернизацией конструкции также может быть рекомендована исходя из опыта наблюдения за доками серии или однотипными доками.

Модернизация конструкции заключается в ее конструктивном улучшении с целью предотвращения появления трещин в последующем. Эффективность предлагаемого конструктивного решения должна быть обоснована, решение подлежит согласованию с Регистром.

5.4.1.4 Заварка трещины рекомендуется в следующих случаях:

трещина одиночная (не ветвистая), возникла впервые;

вероятными причинами возникновения трещины являются шлаковые включения, поры и другие внутренние дефекты материала, технологические ошибки, низкое качество сборки и изготовления конструкций, а также ошибки и непредусмотренные случаи эксплуатации (навал, удар, столкновение, посадка на мель и т. д.);

док старше 20 лет.

Для элементов корпуса с бухтинами и вмятинами, имеющих разрывы, допускается заварка разрыва, если его раскрытие не превышает допусков на подготовку кромок под сварку.

Заварка трещин и разрывов должна выполняться по технологии, одобренной Регистром. Кромки трещины и разрыва должны быть разделаны под сварку, конец трещины засверлен. Диаметр отверстия должен быть не менее толщины листа.

5.4.1.5 Во всех случаях при ремонте элементов корпуса с трещинами и разрывами выбор сварочных материалов, материала заменяемого участка и технология проведения работ должны соответствовать 5.1.7 и 5.1.8.

5.4.2 Элементы корпуса.

5.4.2.1 В связях корпуса, участвующих в обеспечении продольной или поперечной прочности, трещины и разрывы могут быть заварены в случаях, указанных в 5.4.1.4, когда их длина не превышает нормативов, установленных в 4.4. В остальных случаях следует руководствоваться положениями 5.4.1.2 — 5.4.1.5.

5.4.2.2 Листы и балки набора с трещинами и разрывами следует отремонтировать в соответствии с положениями 5.4.1.2 — 5.4.1.5 с учетом их принадлежности к конструкциям, в которых трещины не допускаются и допускаются согласно требованиям 2.4.

5.4.2.3 Участки сварных швов с трещинами должны удаляться до неповрежденного металла и завариваться.

Участки сварных швов с разрывами могут быть заварены после устранения остаточных деформаций в случаях, когда это возможно.

При выполнении ремонтных работ необходимо соблюдать положения 5.2.1.4.

5.4.2.4 Участки заклепочных соединений с трещинами и разрывами, воспринимающие нагрузки от общего изгиба корпуса, следует заменить и переклепать.

Трещины и разрывы в заклепочных соединениях, обеспечивающих непроницаемость, могут быть заварены в случаях, указанных в 5.4.1.4. В остальных случаях следует руководствоваться положениями 5.4.1.2 и 5.4.1.3.

5.4.2.5 Участок соединительного элемента с трещиной и разрывом следует отремонтировать в соответствии с положениями 5.4.1.2 — 5.4.1.5. В случае, когда длина трещины соизмерима с размерами соединительного элемента, элемент целиком подлежит замене или модернизации.

5.4.2.6 Необходимость и метод ремонта местных подкреплений с трещинами и разрывами определяются из опыта наблюдения. Допускается заварка участка подкрепления с трещиной без засверловки ее конца и разделки кромок.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ФОРМЫ РЕГИСТРАЦИИ ЗАМЕРОВ ПАРАМЕТРОВ КОРПУСА С ДЕФЕКТАМИ

Общие положения

1. Настоящие формы предназначены для регистрации в виде отчета замеров параметров элементов корпуса с дефектами, выполняемых в соответствии с разд. 3 настоящей Инструкции.

Формы позволяют систематизировать данные о дефектах корпуса.

2. Формы должны заполняться в соответствии с приведенными положениями.

3 Положения о формах учитывают требования документов МАКО Z10.1, Z10.2, Z10.3.

4. В отчете должна содержаться информация о всех формах, перечисленных в 1.6 приложения 1 к настоящей Инструкции.

5. Наличие подписи и печати инспектора Регистра на титульном листе отчета является обязательным. В случае, если отчет был принят к сведению инспектором другого классификационного общества, необходимо указать в отчете дату его получения Регистром, а также были ли потребованы контрольные замеры элементов корпуса по результатам его внешнего осмотра. Если контрольные замеры выполнялись, отчет необходимо дополнить их результатами.

6. Ниже приводится типовая форма отчета.

<Наименование организации, выпустившей отчет>
<Почтовый адрес, тел., факс, E-mail организации>

УТВЕРЖДАЮ

<Должность>

<Ф. И. О.>

<Подпись>

«_____» _____ г.

<Печать>

ОТЧЕТ № _____
о замерах остаточных толщин, деформаций
и трещин в элементах корпуса
<Название дока>

Всего листов: <Общее количество листов в отчете>

ПРИНЯТО К СВЕДЕНИЮ

«_____» _____ г.

<Должность инспектора Регистра>

<Ф. И. О.>

<Подпись>

<Печать инспектора Регистра>

<Город, страна>

<Год>

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 ОБЩИЕ ДАННЫЕ О ДОКЕ

1. Тип дока _____
2. Грузоподъемность, т _____
3. Длина по стапель-палубе, м _____
4. Максимальная ширина основного понтона B , м _____
5. Предельная глубина погружения $d_{пр}$, м _____
6. Осадка при полной грузоподъемности d , м _____
7. Высота дока от основной плоскости до топ-палубы D , м _____
8. Высота башен дока D_B , м _____
9. Ширина дока между внутренними стенками башен $B_{вн}$ _____
10. Высота понтона h , м _____
11. Число понтонов n _____
12. Марка и предел текучести материала _____
13. Дата постройки _____
14. Место постройки _____
15. Класс, присвоенный при постройке _____
16. Вид и номер текущего освидетельствования _____
17. Дата начала освидетельствования _____

1.2 СХЕМЫ ДОКА

Продольный разрез, вид сверху и поперечное сечение (мидель)

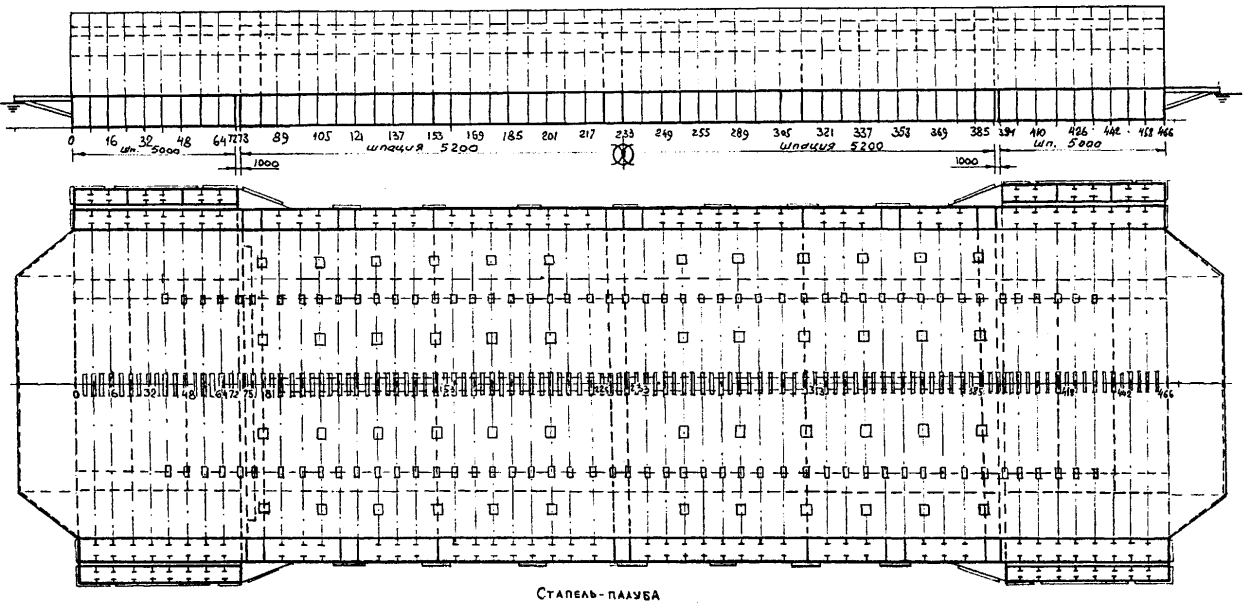
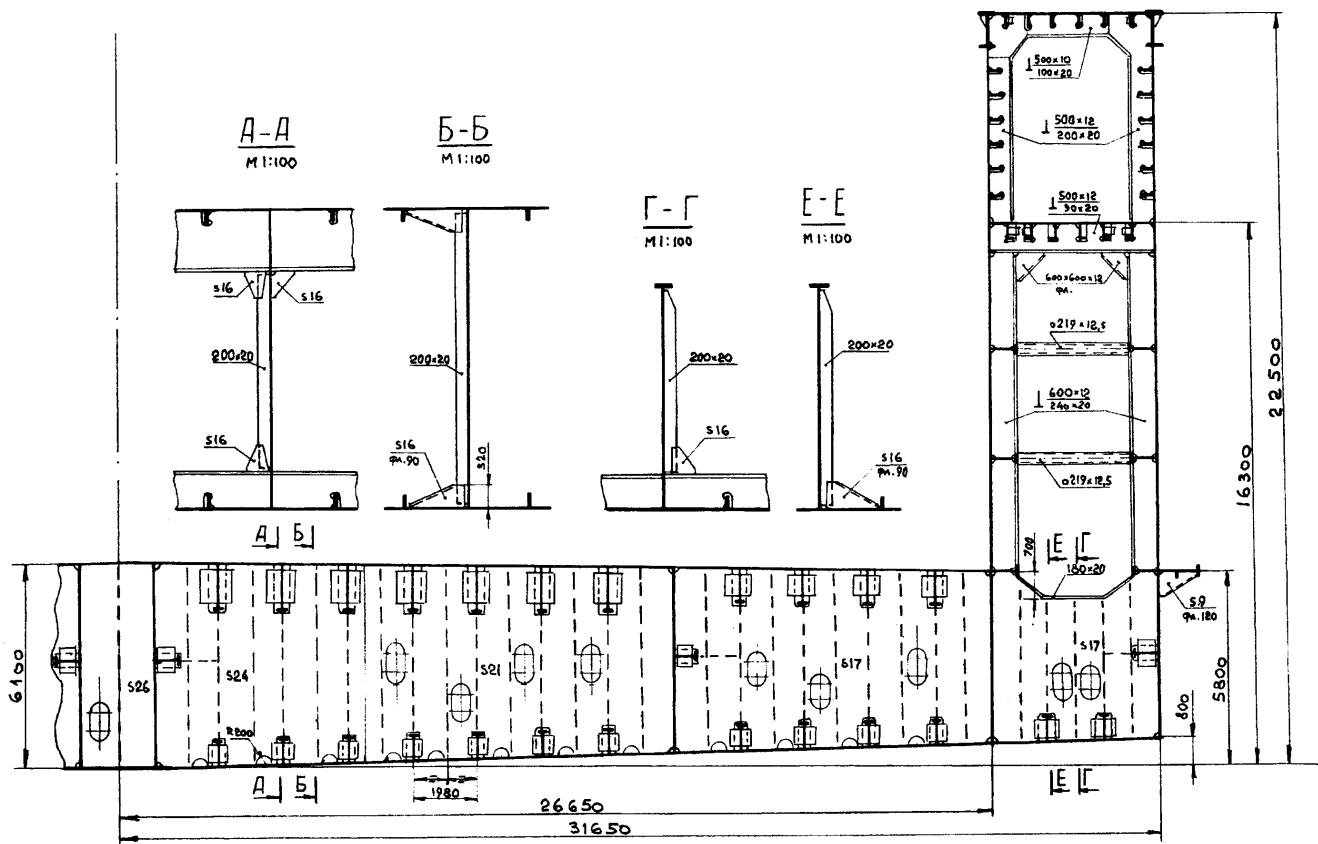


Рис. 1

Рис. 2



1.3 СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ, ВЫПОЛНИВШЕЙ ЗАМЕРЫ ОСТАТОЧНЫХ ТОЛЩИН

1. Полное название организации _____
2. Свидетельство о признании организации классификационным обществом № _____
3. Свидетельство выдано " ____ " _____ г.
4. Свидетельство действительно по " ____ " _____ г.
5. Полное название общества, выдавшего свидетельство _____
6. Квалификация исполнителей замеров остаточных толщин
Ф. И. О. _____ квалификация _____
диплом № _____ от " ____ " _____ г.
действителен до " ____ " _____ г.
Ф. И. О. _____ квалификация _____
диплом № _____ от " ____ " _____ г.
действителен до " ____ " _____ г.
Ф. И. О. _____ квалификация _____
диплом № _____ от " ____ " _____ г.
действителен до " ____ " _____ г.

1.4 СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

1. Наименование прибора _____
2. Серийный номер _____
3. Индивидуальный номер _____
4. Завод (фирма) изготовитель _____
5. Страна _____
6. Дата изготовления _____
7. Точность измерений _____
8. Свидетельство о поверке № _____,
действительно до " ____ " _____ г.

1.5 ДАТА И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ЗАМЕРОВ

1. Дата начала замеров " ____ " _____ г.
2. Дата окончания замеров " ____ " _____ г.
3. Место проведения замеров _____

1.6 ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМ, ЗАПОЛНЕННЫХ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ КОРПУСА

Формы, представленные в отчете, помечаются крестом (X). Для отсутствующих форм в отчете должны быть указаны причины: неприменимость, отсутствие дефектов в корпусе, отсутствие возможности выполнения замеров и т. д.

1 Элементы корпуса с износами

☐ ФОРМА 1.1 Результаты замеров толщин листов настилов, обшивок, продольных балок набора в поперечном сечении корпуса.

☐ ФОРМА 1.2 Результаты замеров толщин листов настилов, обшивок, балок набора.

☐ ФОРМА 1.3 Результаты замеров толщин соединительных элементов и местных подкреплений.

☐ ФОРМА 1.4 Результаты замеров толщин элементов корпуса с местным и язвенным износом, сварных швов, а также обследования заклепочных соединений (форма произвольная).

2 Элементы корпуса с деформациями

☐ ФОРМА 2.1 Результаты замеров параметров деформаций в поперечном сечении корпуса.

☐ ФОРМА 2.2 Результаты замеров параметров бухтин и гофров.

☐ ФОРМА 2.3 Результаты замеров параметров вмятин и выпучин.

☐ ФОРМА 2.4 Результаты замеров параметров деформаций соединительных элементов и местных подкреплений (форма произвольная).

3 Элементы корпуса с трещинами

☐ ФОРМА 3 Результаты замеров параметров трещин.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕФЕКТАЦИИ КОРПУСА

2.1 ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА С ИЗНОСАМИ

2.1.1 Поперечные сечения корпуса и продольные сечения понтона.

2.1.1.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 1.1, чертеж (схему) поперечного сечения с указанием его положения в корпусе (номер шпангоута) и размерами его элементов. Элементы поперечного сечения корпуса на чертеже (схеме) должны быть пронумерованы.

2.1.1.2 Регистрации в форме 1.1 подлежат замеры остаточных толщин следующих конструкций:

топ-палубы с палубным стрингером;

стапеля;

палубы безопасности;

днища с горизонтальным килем;

наружного борта с ширстрекком;

внутреннего борта;
 продольной переборки в ДП;
 боковой продольной переборки;
 поперечной непроницаемой переборки;
 поперечной проницаемой переборки;
 подбашенного листа;
 промежуточных палуб.

2.1.1.3 Замеренные толщины листов и продольных балок набора каждой из конструкций используются для расчетов остаточных моментов сопротивления поперечных сечений корпуса W' , W'' , площадей бортов, продольных переборок S' .

2.1.1.4 В случае, если замеры отсутствуют или выполнены не в полном объеме, необходимо указать причину.

2.1.1.5 Указания по заполнению формы 1.1 приведены в табл. 2.1.1.5.

Таблица 2.1.1.5

Указания по заполнению формы 1.1

Номер поля формы	Содержание
1, 2	Номера шпангоутов, в пределах которых находятся элементы корпуса поперечного сечения
3	Перечень конструкций, попадающих в поперечное сечение
4	Общепотребительное наименование элемента корпуса. Например, ширстрек, лист, горизонтальный киль, стенка карлингса и т. д.
5	Номер элемента корпуса должен соответствовать прилагаемой схеме поперечного сечения корпуса
6	Борт дока, где расположен элемент корпуса
7	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
8	Толщина элемента корпуса из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции
9	Замеры остаточных толщин элемента корпуса
10	Средняя остаточная толщина элемента корпуса S'_1 , полученная в соответствии с положениями 3.2.3.1 настоящей Инструкции
11	Уменьшение толщины (износ) элемента корпуса в процентах относительно построечной толщины $\Delta S\% = \frac{S_0 - S'_1}{S_0} 100\%$
12	Уменьшение толщины (износ) элемента корпуса по абсолютной величине относительно построечной толщины $\Delta S_t = S_0 - S'_1$
13	Приводятся уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие/отсутствие антикоррозионной защиты, замена конструкции или ее участков в предшествующих ремонтах, усиления конструкций и т. д.

2.1.2 Листы.

2.1.2.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 1.2 для листов. Рекомендуется также представлять соответствующие конструктивные чертежи растяжки наружной обшивки, планы палуб, переборок и т.д. с нанесенными на них результатами замеров толщин в точках.

2.1.2.2 Зарегистрированные толщины листов в точках используются для определения средней остаточной толщины листа S'_1 и средней остаточной толщины участка листа S'_3 .

2.1.2.3 В случае, если замеры выполнены не в полном объеме следует указать причины.

2.1.2.4 Указания по заполнению формы 1.2 для листов приведены в табл. 2.1.2.4.

Таблица 2.1.2.4

Указания по заполнению формы 1.2 для листов

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, топ-палуба, стапель-палуба и т. п.
2	Наименование листа, например, ширстрек, горизонтальный киль и т. п.
3	Борт дока, где расположен лист
4	Номер пояса, в котором расположен лист
5	Поле заполняется, если в доковой документации имеется индексация листов
6, 7	Номера шпангоутов, в пределах которых находится замеряемый лист. Для листов обшивки поперечной переборки номер шпангоута указывается только в одном поле
8	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
9	Толщина листа из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции
10	Замеры остаточных толщин листа
11	Средняя остаточная толщина листа, полученная в соответствии с положениями 3.2.3.1 настоящей Инструкции
12	Уменьшение толщины (износ) листа в процентах относительно построечной толщины $\Delta S\% = \frac{S_0 - S'_1}{S_0} 100\%$
13	Уменьшение толщины (износ) листа по абсолютной величине относительно построечной толщины $\Delta S_i = S_0 - S'_i$
14	Приводятся уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие/отсутствие антикоррозионной защиты, замена конструкции или ее участков в предшествующих ремонтах, усиления конструкций и т. д.

2.1.2.5 Нумерация поясов обшивки, настила принимается следующей:
днищевая обшивка — от горизонтального кия к борту до скулы включительно;

наружная бортовая обшивка — от ширстрека до верхней кромки скулы;

настил палуб и платформ — от борта до диаметральной плоскости, включая пояс в диаметральной плоскости, если он имеется;

обшивка поперечных, продольных переборок и внутреннего борта — от верхней палубы вниз до обшивки днища.

2.1.3 Балки набора.

2.1.3.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 1.2 для балок набора. Рекомендуется представлять соответствующие схемы с нанесенными на них результатами замеров толщин в точках.

2.1.3.2 Зарегистрированные толщины балок набора и их элементов в точках используются для определения средней остаточной толщины элементов балки набора S'_1 , а также для расчетов остаточного момента сопротивления W'_1 и площади F'_1 поперечных сечений балки набора.

2.1.3.3 В случае, если замеры отсутствуют или выполнены не в полном объеме, необходимо указать причины.

2.1.3.4 Указания по заполнению формы 1.2 для балок набора приведены в табл. 2.1.3.4.

Таблица 2.1.3.4

Указания по заполнению формы 1.2 для балок набора

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, топ-палуба, стапель-палуба и т. п.
2	Наименование балки набора или ее элемента, например, полка карлингса, стенка горизонтального шельфа переборки и т. п.
3	Борт дока, где расположена балка набора
4	Номер балки
5	Поле заполняется, если в доковой документации имеется индексация балок набора
6, 7	Номера шпангоутов, в пределах которых находится замеряемая балка набора. Для поперечного набора заполняется только одно поле
8	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
9	Толщина элемента балки набора из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции
10	Замеры остаточных толщин элемента балки набора
11	Средняя остаточная толщина элемента балки набора, полученная в соответствии с положениями 3.2.4.1 настоящей Инструкции
12	Уменьшение толщины (износ) элемента балки набора в процентах относительно построечной толщины $\Delta S\% = \frac{S_0 - S'_1}{S_0} 100\%$
13	Уменьшение толщины (износ) элемента балки набора по абсолютной величине относительно построечной толщины $\Delta S_t = S_0 - S'_1$
14	Указывается сечение (опорное или в пролете), в котором выполнены замеры, а также уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие/отсутствие антикоррозионной защиты, замена конструкции или ее участков в предшествующих ремонтах, усиления конструкций и т. д.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ТОЛЩИН ЛИСТОВ НАСТИЛОВ, ОБШИВОК, ЭЛЕМЕНТОВ БАЛОК НАБОРА

Название документа _____ Пер. № _____

ОТ « » Г.

[illegible]

Подпись исполнителя _____

Подпись инспектора Регистра _____

2.1.3.5 Нумерация балок набора принимается следующей:

номер балки основного и рамного поперечного набора, кроме балок набора поперечных переборок совпадает с номером соответствующего шпангоута;

балки основного и рамного продольного набора, а также балки набора поперечных переборок нумеруются последовательно.

2.1.4 Соединительные элементы и местные подкрепления.

2.1.4.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 1.3. Рекомендуется приводить эскизы элементов и подкреплений с указанием замеров в точках.

2.1.4.2 Регистрации в форме 1.3 подлежат замеры остаточных толщин соединительных элементов и местных подкреплений конструкций корпуса, освидетельствование которых выполняется исходя из опыта наблюдения.

2.1.4.3 Зарегистрированные толщины соединительных элементов и местных подкреплений в точках используются для определения средней остаточной толщины S'_i .

2.1.4.4 Указания по заполнению форм 1.3 приведены в табл. 2.1.4.4.

Таблица 2.1.4.4

Указания по заполнению формы 1.3

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, топ-палуба, стпель-палуба и т. п.
2	Наименование соединительного элемента или местного подкрепления, например, скуловая кница, ребро жесткости и т. п.
3	Борт дока, где расположен соединительный элемент или местное подкрепление
4	Номер соединительного элемента или местного подкрепления
5	Номер шпангоута, на котором находится соединительный элемент или местное подкрепление
6	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
7	Толщина соединительного элемента или местного подкрепления из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции
8	Замеры остаточных толщин соединительного элемента или местного подкрепления
9	Средняя остаточная толщина соединительного элемента или местного подкрепления, полученная в соответствии с положениями 3.2.6 настоящей Инструкции
10	Уменьшение толщины (износ) соединительного элемента или местного подкрепления в процентах относительно построечной толщины $\Delta S\% = \frac{S_0 - S'_i}{S_0} 100\%$
11	Уменьшение толщины (износ) соединительного элемента или местного подкрепления по абсолютной величине относительно построечной толщины $\Delta S_i = S_0 - S'_i$
12	Приводятся уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие/отсутствие антикоррозионной защиты, замена конструкции или ее участков в предшествующих ремонтах, усиления конструкций и т. д.
13	Приводится эскиз соединительного элемента или местного подкрепления с указанием точек замеров

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ТОЛЩИН СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕСТНЫХ ПОДКРЕПЛЕНИЙ

Название документа _____ Пер. № _____

ОТ « » Г.

[illegible]

Подпись исполнителя _____

Подпись инспектора Регистра _____

2.1.4.5 Соединительные элементы и местные подкрепления нумеруются последовательно.

2.1.5 Элементы корпуса с местным и язвенным износом, сварные швы, заклепочные соединения.

2.1.5.1 Пункт отчета должен содержать информацию о наличии местного и язвенного износа в листах обшивок и настилов, в элементах балок набора, обеспечивающих непроницаемость конструкций, а также состоянии сварных швов и заклепочных соединений. В случае, если информация представляется не в полном объеме или отсутствует, необходимо указать причины.

2.1.5.2 Результаты замеров толщин элементов корпуса с местным и язвенным износом, сварных швов, а также обследования заклепочных соединений представляются в произвольной форме 1.4. Рекомендуется результаты замеров толщин представлять на соответствующих конструктивных чертежах.

Форма 1.4 должна содержать:

наименование конструкции и ее расположение в корпусе с указанием номеров шпангоутов, пояса и т. д.;

категорию стали (предел текучести) конструкции;

площадь с язвинами на элементе корпуса;

максимальный износ из замеренного в язвинах относительно поверхности участка листа h_4 , мм, согласно 3.2.3.3 настоящей Инструкции;

среднюю остаточную толщину элемента корпуса S'_1 , мм, согласно 3.2.3.1 настоящей Инструкции;

остаточную толщину элемента корпуса в язвине S'_4 , мм, определяется по формуле (3.2.3.3) настоящей Инструкции;

общую протяженность сварных швов и канавок, требующих подварки, м;

средние износы в канавке h_1 и h_2 , мм, соответственно с лицевой и обратной поверхности листа;

среднюю остаточную толщину элемента корпуса S'_3 , мм, в канавке, определенную по формуле (3.2.3.2) настоящей Инструкции;

результаты замеров сварных швов/околошовной зоны в точках и их средние величины в соответствии с положениями 3.2.5 настоящей Инструкции;

среднюю остаточную толщину участка листа S'_3 , мм, с износом пятнами, линейным износом;

результаты замеров в изношенном пятнами и с линейным износом участке листа в точках и их средние величины в соответствии с положениями 3.2.3.2 настоящей Инструкции.

2.1.5.3 Результаты обследования заклепочных соединений должны содержать:

наименование конструкции с заклепочным соединением и ее расположение в корпусе с указанием номеров шпангоутов, пояса и т. д.;

категорию стали (предел текучести) заклепочного соединения;
 результаты осмотра и обстукивания соединения;
 результаты выборочных замеров заклепок с указанием количества замеров;

результаты замеров расстояний центров заклепок от кромок соединяемых листов;

результаты испытаний на непроницаемость тех конструкций, для которых это требуется.

2.2 ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА С ДЕФОРМАЦИЯМИ

2.2.1 Поперечные сечения корпуса.

2.2.1.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 2.1. Рекомендуется представлять соответствующие конструктивные чертежи (схемы) с нанесенными на них параметрами деформаций.

2.2.1.2 Регистрации в форме 2.1 подлежат замеры бухтин, гофров, вмятин в расчетной палубе, а также в днище со скулой.

2.2.1.3 В случае, если поперечные сечения не подлежат дефектации, замеры отсутствуют или выполнены не в полном объеме, необходимо указать причины.

2.2.1.4 Указания по заполнению формы 2.1 приведены в табл. 2.2.1.4.

Таблица 2.2.1.4

Указания по заполнению формы 2.1

Номер поля формы	Содержание
1, 2	Номера шпангоутов, в пределах которых находятся элементы корпуса поперечного сечения
3	Днище или палуба
4	Общеупотребительное наименование элемента корпуса. Например, палубный стрингер, горизонтальный киль и т. д.
5	Номер элемента корпуса должен соответствовать эскизу поперечного сечения корпуса, приведенному в поле (9)
6	Борт дока, где расположен элемент корпуса
7	Протяженность <i>i</i> -ой бухтины, гофра, вмятины в конструкции согласно 3.3.2.1 настоящей Инструкции. В последней строке этой колонки подсчитывается суммарная протяженность бухтин, гофров, вмятин отдельно для конструкции палубы и днища
8	Вид деформации: бухтина, гофр, вмятина
9	Эскиз конструкции с номерами элементов корпуса

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ КОРПУСА

Название дока _____ Рег. № _____

от « ____ » _____ г.

Положение поперечного сечения по длине дока				3	Конструкция
1	Начальный шп.	2	Конечный шп.		
Элемент корпуса	Номер элемента	Борт	Замеренная протяженность деформации $\ell_{\text{в}(a)}$, м	Примечание	Эскиз конструкции
4	5	6	7	8	9

Подпись исполнителя _____

Подпись инспектора Регистра _____

2.2.2 Бухтины и гофрировки.

2.2.2.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 2.2 с замеренными параметрами бухтин и гофров. Рекомендуются представлять соответствующие конструктивные чертежи (схемы) с нанесенными на них замеренными параметрами бухтин и гофров.

2.2.2.2 В случае, если замеры выполнены не в полном объеме, следует указать причины.

2.2.2.3 Указания по заполнению формы 2.2 приведены в табл. 2.2.2.3.

Таблица 2.2.2.3

Указания по заполнению формы 2.2

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, наружный борт, стапель-палуба и т. п.
2	Наименование листа с деформациями, например, ширстрек, горизонтальный киль и т. п.
3	Борт дока, где расположен лист с деформациями
4	Номер пояса, в котором расположен лист с деформациями
5	Номера шпангоутов, в пределах которых находятся деформации. Для листов обшивки поперечной переборки номер шпангоута указывается только в одном поле
6	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае
7	отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
8	Расстояние между балками набора в районе деформации
9	Максимальная стрелка прогиба бухтины, гофра согласно 3.3.3.1 настоящей Инструкции. Для гофров допускается регистрировать максимальную стрелку прогиба нескольких смежных гофров с указанием в полях (5) и (6) их границ
10	Минимальный размер бухтины в плане согласно 3.3.3.2 настоящей Инструкции.
11	Заполняется только для бухтин
12	Отношение максимальной стрелки прогиба гофра к шпации. Заполняется только для гофров
13	Отношение максимальной стрелки прогиба бухтины к минимальному размеру бухтины в плане. Заполняется только для бухтин Приводятся уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие трещин, разрывов, повышенного местного износа в районе деформации и т. д.

Название документа _____ Рег. № _____

ОТ «_____» _____ Г.

[illegible]

Подпись исполнителя _____

Подпись инспектора Регистра _____

2.2.3 Вмятины и выпучины.

2.2.3.1 Пункт отчета должен содержать заполненные формы 2.3 для вмятин и выпучин. Рекомендуются представлять соответствующие конструктивные чертежи или эскизы с нанесенными на них параметрами вмятин и выпучин.

2.2.3.2 В случае, если замеры выполнены не в полном объеме, следует указать причины.

2.2.3.3 Указания по заполнению формы 2.3 приведены в табл. 2.2.3.3.

Таблица 2.2.3.3

Указания по заполнению формы 2.3

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, внутренний борт, ступень-палуба и т. п.
2	Наименование элемента корпуса с деформациями, например, шпангоут, флор и т. п.
3	Борт дока, где расположен элемент корпуса с деформациями
4	Номер пояса обшивки, настила, в котором находится вмятина
5, 6	Номера шпангоутов, в пределах которых находится вмятина. Для конструкций поперечной переборки номер шпангоута указывается только в одном поле
7	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
8	Высота деформированной балки набора из отчетного (конструктивного) чертежа или по результатам ее измерений
9	Максимальная стрелка прогиба деформированного участка балки набора согласно 3.3.4.2 настоящей Инструкции
10	Длина деформированного участка балки набора согласно 3.3.4.2 настоящей Инструкции
11	Отстояние сечения с максимальной стрелкой прогиба балки набора от ее ближайшей недеформированной опоры согласно 3.3.4.5 настоящей Инструкции. Если ближайшая опора деформирована, то это поле и поле (15) не заполняются
12	Отклонение стенки балки набора от первоначального положения согласно 3.3.4.3 настоящей Инструкции
13	Стрелка прогиба балки набора на базе 300 мм согласно 3.3.4.6 настоящей Инструкции
14	Отношение максимальной стрелки прогиба балки набора к длине ее деформированного участка
15	Отношение максимальной стрелки прогиба балки набора к отстоянию сечения с максимальной стрелкой прогиба от ее ближайшей недеформированной опоры. Если ближайшая опора деформирована, то это поле не заполняется
16	Отношение отклонения стенки балки набора от первоначального положения к высоте балки
17	Указывается наличие выпучины в стенке балки набора или другой конструкции. Приводятся уточняющие или дополнительные сведения о конструкции: наличие трещин, разрывов, повышенного местного износа в районе деформации и т. д.

2.2.4 Соединительные элементы и местные подкрепления.

2.2.4.1 Пункт отчета должен содержать информацию об остаточных деформациях в соединительных элементах и местных подкреплениях. В случае, если форма не представлена, следует указать причины.

2.2.4.2 Результаты замеров параметров деформаций элементов и подкреплений могут быть представлены в произвольной форме 2.4. Рекомендуется результаты замеров параметров деформаций представлять на соответствующих конструктивных чертежах или эскизах.

2.2.4.3 Форма 2.4 должна содержать:

- наименование конструкции и ее расположение в корпусе с указанием номеров шпангоутов, пояса и т. д.;

- категория стали, из которой изготовлен соединительный элемент или местное подкрепление;

- наименование деформированного соединительного элемента или местного подкрепления;

- максимальная стрелка прогиба соединительного элемента или местного подкрепления;

- максимальный размер в плане деформированного участка соединительного элемента или местного подкрепления;

- наличие трещин и разрывов соединительного элемента или местного подкрепления.

2.3 ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА С ТРЕЩИНАМИ

2.3.1 Глава отчета должна содержать заполненные формы 3. Рекомендуется представлять соответствующие конструктивные чертежи или эскизы с нанесенными на них параметрами трещин.

2.3.2 В случае, если замеры выполнены не в полном объеме, следует указать причины.

2.3.3 Указания по заполнению формы приведены в табл. 2.3.3.

Указания по заполнению формы 3

Номер поля формы	Содержание
1	Наименование конструкции, например, борт, стпель-палуба и т. п.
2	Наименование элемента корпуса с трещиной, например, шпангоут, флор и т. п.
3	Борт дока, где расположен элемент корпуса с трещиной
4	Номер пояса обшивки, настила в котором находится элемент корпуса с трещиной
5, 6	Номера шпангоутов, в пределах которых находится элемент корпуса с трещиной. Для конструкций поперечной переборки номер шпангоута указывается только в одном поле
7	Категория стали из отчетного (конструктивного) чертежа конструкции. В случае отсутствия данных о категории стали, указывается предел текучести, например 235, 315 МПа
8	Длина трещины в элементе корпуса, измеренная по кратчайшему расстоянию между ее началом и концом согласно 3.4.2 настоящей Инструкции
9	Раскрытие трещины в элементе корпуса, измеренное как максимальное расстояние между ее кромками согласно 3.4.2 настоящей Инструкции
10	Угол между линией, соединяющей начало и конец трещины и диаметральной или основной плоскостью судна согласно 3.4.2 настоящей Инструкции
11	Эскиз элемента корпуса с трещиной с указанием ее параметров

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН

Название дока _____ Рег. № _____

от « _____ » _____ г.

1	Конструкция								
Элемент корпуса	Борт	Номер элемента, пояс	Начальный шпангоут	Конечный шпангоут	Категория стали	Замеренные параметры			Эскиз элемента корпуса с трещиной
						λ^I , мм	l^I , мм	α^I , град	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Подпись исполнителя _____

Подпись инспектора Регистра _____

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРА f'_{300} ПРИ ОБМЕРАХ ВМЯТИН

При измерении параметра f'_{300} на балках набора, в которых имеются вмятины, рекомендуется использовать кривизномер. Он представляет собой стальную планку с неподвижными ножками на концах, посередине которой закреплен инструмент для измерения перемещения. Им может быть индикатор часового типа марки ИЧ-10, обеспечивающий точность измерений $\pm 0,01$ мм, или штангенциркуль с выдвижной линейкой (штангенглубиномер), точность измерения которого составляет не менее $\pm 0,1$ мм.

При изготовлении кривизномера важно обеспечить надежное крепление индикатора (штангенглубиномера) к планке, чтобы в процессе замеров не допустить его смещения.

Перед выполнением замеров с помощью кривизномера фиксируется его начальный отсчет — должно быть снято показание кривизномера b_0 , установленного на плоскости, желательно на контрольной плите. При этом неподвижные ножки кривизномера должны быть плотно прижаты к плите.

При выполнении замера на искривленной поверхности в районе вмятины таким же образом должен быть зафиксирован конечный отсчет, т. е. сняты показания кривизномера b_k . Стрелка прогиба f'_{300} вычисляется по следующей формуле:

$$f'_{300} = |b_k - b_0|. \quad (1)$$

Для замера величины b_k кривизномер ориентируется вдоль дефектуемой балки набора, подвижная ножка кривизномера (индикатора или штангенциркуля) совмещается с точкой максимума стрелки прогиба этой балки f'' .

Во всех случаях конечный отсчет нужно снимать трижды b'_k, b''_k, b'''_k , каждый раз смещая кривизномер на несколько миллиметров от точки максимума стрелки прогиба f'' вдоль деформированной балки; величина b_k определяется как среднее арифметическое трех замеров следующим образом:

$$b_k = \frac{1}{3} (b'_k + b''_k + b'''_k). \quad (2)$$

Если один из замеров дал результат, значительно отличающийся от двух остальных, этот результат нужно отбросить и замер повторить.

Если замеры ведутся на сильно корродированной обшивке, когда поверхность листа имеет большие местные неровности, можно рекомендовать вести замеры с использованием тонкой подкладки.

Подкладка накладывается на обшивку в месте замера и плавно огибает ее так, чтобы форма изогнутой поверхности полностью сохранилась, а местные неровности сглаживались. Кривизномер при этом устанавливается на подкладку. В качестве подкладки можно использовать, например, стальную миллиметровую линейку.

Если измерения ведутся на криволинейной части борта, начальный отсчет кривизномера нужно снимать не на плоскости, а на наружной обшивке там, где нет повреждений и где обшивка имеет такую же кривизну, как и в районе повреждения. Замеры при начальном отсчете в этом случае выполняются трижды с исполнением всех указаний, касающегося конечного отсчета.

Следует обратить внимание на то, что при дефектации с внешней стороны корпуса, как правило, обмеряется вогнутая поверхность, а внутри корпуса — выпуклая поверхность. Это требует соответствующей настройки кривизномера. При замере на выпуклой поверхности начальный отсчет b_0 должен быть максимальным, при замере на вогнутой поверхности — минимальным.

Можно рекомендовать настраивать кривизномер так, чтобы получалось $b_0 = 5,4 — 5,7$ мм. Тогда его можно использовать без перенастройки для замеров и на выпуклой, и на вогнутой поверхности. Если в этом случае величина b_k при замере выходит за пределы измерения прибора, это всегда означает, что f'_{300} больше допускового значения $[f_{300}]$.

**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ
К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ РЕМОНТЕ КОРПУСА**

1. Правила классификации и постройки морских судов.
2. Инструкция по определению технического состояния, обновлению и ремонту корпусов морских судов // Правила классификационных освидетельствований судов. Приложение 2.
3. Сборник нормативно-методических материалов. Книга шестая. Регистр СССР, Транспорт, 1989.
4. Стандарт МАКО. Рекомендации № 47 (1996). Судостроение и судоремонт. Требования к качеству изготовления и ремонта корпусных конструкций. МАКО, 1996. (Recommendation No. 47 (1996). Shipbuilding and Repair Quality Standard. IACS, 1996).

Российский морской регистр судоходства
СБОРНИК НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
Книга тринадцатая

Редакционная коллегия Российского морского регистра судоходства
Ответственный за выпуск *Е. Б. Мюллер*
Главный редактор *М. Ф. Ковзова*
Редактор *И. В. Сабина*
Компьютерная верстка *В. Ю. Пирогов*

Лицензия ИД 04771 от 18.05.01

Подписано в печать 03.06.04. Формат 60 × 84/16.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 7,1.
Уч.-изд. л. 6,5. Тираж 200. Заказ 2206.

Российский морской регистр судоходства
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8