

Требования Германского Ллойда к мачтам и такелажу

(1 – Судовая техника, Часть 3 – Спортивные суда, Глава 2 – Мачта и такелаж)

Раздел 1

Общие положения и предписания по расчетам

А. Введение

1. Эта глава содержит расчетные нагрузки и формулы для наиболее часто используемых в практике типов вооружения парусных судов и яхт с мачтами и гиками из алюминиевых сплавов, а также конструктивное исполнение отдельных частей.

2. Методика расчета использует статическую нагрузку, соответствующую «восстанавливающему моменту» судна при наклонении на 15 град. «Восстанавливающий момент» соответствует давлению ветра на полностью оснащенное судно (включая назначенное число членов экипажа), при котором судно наклоняется на 15 град. Конструктору или представителю судовладельца предоставляется право предъявлять величину восстанавливающего момента в расчетном виде или определять его по опыту кренования. Расчеты должны быть проверены Германским Ллойдом (в дальнейшем ГЛ). Опыт кренования проводится с ведома местной инспекции ГЛ.

В. Предписания по расчетам

1. Формулы расчета распространяются на конструкции из алюминиевых сплавов с модулем упругости 7000 кн/кв.см.

Рассмотрение механических качеств сварки в этом случае см. раздел С.2.3. и с.2.4. в приложении D.

2. Ванты и штаги должны быть изготовлены из нержавеющей стали по DIN материалы № 1.4571 или из соответствующих материалов по качеству.

Приведенные средние диаметры стальных тросов распространяются на конструкцию 1x19 (DIN материалы 1.4571).

При применении, например, проволоки и прутков диаметры должны быть пересчитаны в соответствии с пределами прочности.

С. Определение восстанавливающего момента

Восстанавливающий момент зависит от типа судна и его водоизмещения как это следует из расчета:

1. Для швертботов с водоизмещением менее 3000 н восстанавливающий момент при наклонениях на 15 град. определяется следующим выражением:

$M_{\text{восст}} = 0.15 \times B \times (D1 + 2700 \times n)$, нм, где:

M вост = восстанавливающий момент при полной нагрузке, включая членов экипажа на их постоянных местах, нм

B = наибольшая ширина судна в м

D1 = водоизмещение в н, но без экипажа

n = общее допустимое число членов экипажа и пассажиров

2. Для швертботов с водоизмещением более 3000 н и крейсерских швертботов с водоизмещением менее 6000 н стабилизирующий момент должен определяться основательным расчетом или опытом кренования.

В первом приближении при проектировании может быть использована следующая формула:

$M_{\text{восст}} = 0,15 \times B \times (D1 + 1400 \times n)$, нм,

(обозначения см. пункт 1.)

3. Для килевых парусников, килевых яхт, и яхт компромиссов восстанавливающий момент в основном определяется расчетом или опытом кренования прототипа как это следует из формул:

$$M_{\text{вост}} = M_{\text{окр}} \times 15 / \varphi + M_{\text{п}},$$

$$M_{\text{п}} = 180 \times H \times B,$$

при заданной диаграмме статической остойчивости:

$$M_{\text{вост}} = h(\varphi) \times \Delta \times g, \text{ н},$$

Δ = водоизмещение в кг,

$$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$$

$$M_{\text{окр}} = \cos \varphi \times P \times e,$$

$M_{\text{окр}}$ = восстанавливающий момент в опыте кренования при водоизмещении D_1 согласно п. 1. ,

φ = угол крена при креновании, который должен лежать в интервале от 12° до 18° .

P = груз в н, необходимый для достижения крена в опыте кренования.

e = плечо кренящего груза (крен-балласт) согласно рис. 1., м, H, B = см. п 1.

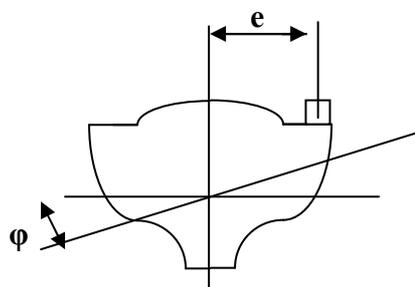


Рис.1.1

Раздел 2

Размеры мачты и стоячего такелажа

А. Тип А (свободно стоящая мачта)

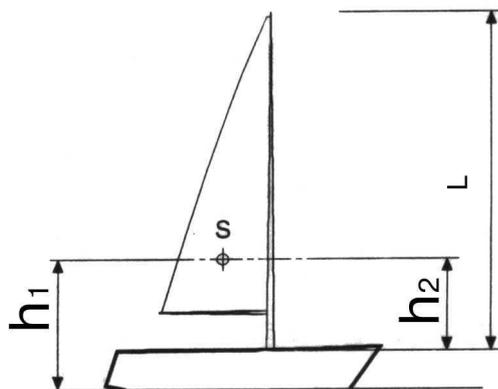


Рис. 2.1

1. Момент сопротивления поперечного сечения мачты в месте заземления определяется формулой:

$$W_{xx} = 1,25 / \sigma_T \times M_{\text{вост}} \times h_2 / h_1, \text{ см}^3,$$

$$W_{y \text{ min}} = W_{xx}$$

W_{xx} = момент сопротивления сечения мачты в продольном направлении, см^3 ,

W_{yy} = момент сечения мачты в поперечном направлении, см^3 ,

h_1 = расстояние от центра парусности до ватерлинии,

h_2 = расстояние от центра парусности до заделки мачты в палубе,

σ_t = предел текучести используемого материала мачты.

2. Мачта может иметь постепенное уменьшение размеров выше крепления гика к топу согласно формуле:

$$W_{xxh} = 0,10 \times W_{xx}$$

$$W_{yyh} = 0,10 \times W_{yy}$$

В. Тип В (мачта со стоячим такелажем)

1. Тип В-1 (1 пара вант, 1 форштаг)

Мачта

Момент инерции поперечного сечения свободно стоящей на палубе мачты следует рассчитывать по формуле:

$$I_{xx} = 0,00023 \times P_k \times h_1^2$$

$$I_{yy} = 1,3 \times I_{xx}$$

I_{xx} = момент инерции относительно продольной оси, см^4

I_{yy} = момент инерции относительно поперечной оси, см^4

$$P_k = 3,0 \times M_{\text{вост}} / b, \text{ н}$$

b = расстояние вантпутенсов от диаметральной плоскости, м

h_1 = длина мачты до крепления вант и штага, м, $h_{1 \text{ мин}} = 0,75 \times L$

Если мачта жестко закреплена между шпором и пяртнерсом, то оба момента инерции могут быть уменьшены на 25%.

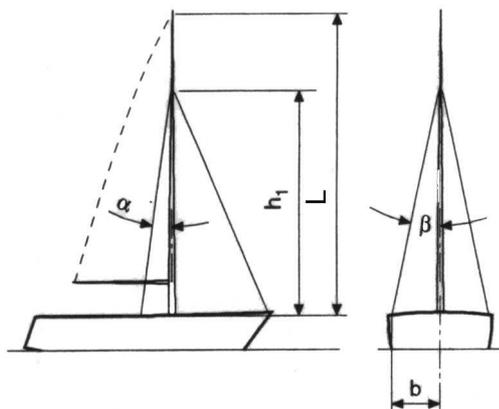


Рис. 2.2

Если мачта жестко закреплена в пяртнерсе только в поперечном направлении, то уменьшать можно лишь момент инерции относительно продольной оси I_{xx} .

Начиная с высоты 100 мм над точкой крепления штага и вант, сечение мачты может линейно уменьшаться к топу в соответствии с типом А.

Стоячий такелаж

Ваты должны образовывать с мачтой углы:

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\beta = 10^\circ$$

Диаметр вант и форштага определяются силой P_w , конструкцией троса и применяемым материалом, причем P_w определяется по формуле:

$$P_w = 2,0 \times P_k, \text{ н}$$

2. Тип В-2 (1 пара вант с краспицами и 1 форштаг)

Мачта

Момент инерции свободностоящей мачты в степсе должен подсчитываться по формуле

$$I_{xx} = 0,00023 \times P_k \times h_1^2, \text{ см}^4$$

$$h_{1 \text{ мин}} = 0,75 \times L$$

$$I_{yy} = 1,2 \times I_{xx}, \text{ см}^4$$

Обозначения см. Тип В-1

Размеры закрепленной в пяртнерсе мачты и ее изменение к топу – в соответствии с типом В-1.

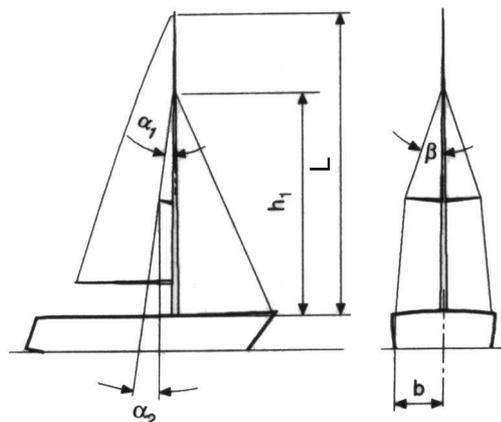


Рис. 2.3

Стоячий такелаж

Ванты должны подходить к мачте под углами: $\alpha_1 = 5^\circ$, $\beta = 10^\circ$. В продольном направлении угол отклонения ванты на краспицах не должен превышать $\alpha_2 = 2^\circ$.

Диаметр вант и форштага определяется силой P_w , конструкцией троса и применяемыми материалами, причем P_w должна рассчитываться по формуле:

$$P_w = 2,0 \times P_k, \text{ н}$$

С. Тип С (1 пара верхних вант, 1 пара нижних вант, 1 пара краспиц)

1. Мачта

Моменты инерции поперечного сечения свободно стоящей на палубе следует подсчитывать по следующим формулам:

$$I_{xx} = C_1 \times 0,00023 \times P_k \times h_2^2, \text{ см}^4$$

$$I_{yy} = C_2 \times P_k \times h_1^2, \text{ см}^4$$

I_{xx} = момент инерции сечения мачты относительно продольной оси, см^4

I_{yy} = момент инерции сечения мачты относительно поперечной оси, см^4

$$P_k = 3,0 \times M_{\text{вост}} / b, \text{ н}$$

b = расстояние вантпутенсов от диаметральной плоскости, м

C_1, C_2 = коэффициенты влияния такелажа

$C_1 = 1,0$ для швертботов водоизмещением $D_1 = 3000$, н

$C_1 = 1,15$ для всех больших судов

$$C_2 = 0,00013$$

h_2 = длина неподдерживаемого участка мачты до места крепления нижних вант, м

$$h_{1\text{мин}} = 0,75 \times L$$

$$h_{2\text{мин}} = 0,50 \times h_1$$

Приведенные выше формулы определяют размеры поперечного сечения нижнего участка мачты. Участок мачты, расположенный над местом крепления верхних вант на 100 мм и выше к топу может иметь сечение, линейно уменьшающееся до наименьшей величины на топе, определяемой по формулам:

$$W_{xxh} = 0,10 \times W_{xx} \text{ для швертботов}$$

$W_{yyh} = 0,10 \times W_{yy}$ водоизмещением $D_1 = 3000$, н

$W_{xxh} = 0,20 \times W_{xx}$ для всех больших судов

$W_{yyh} = 0,20 \times W_{yy}$

Если мачта закреплена в степсе и пяртнерсе, то момент инерции следует подсчитывать согласно формулам:

$I_{xx} = 0,00017 \times P_k \times h_2^2$, см⁴

$I_{yy} = 1,125 \times I_{xx}$, см⁴

I_{xx} = момент инерции сечения мачты относительно продольной оси, см⁴

I_{yy} = момент инерции сечения мачты относительно поперечной оси, см⁴

$P_k = 3,0 \times M_{\text{вост}} / b$, н,

b = расстояние вантпунтенов от диаметральной плоскости, м

$h_{1\text{мин}} = 0,75 \times L$

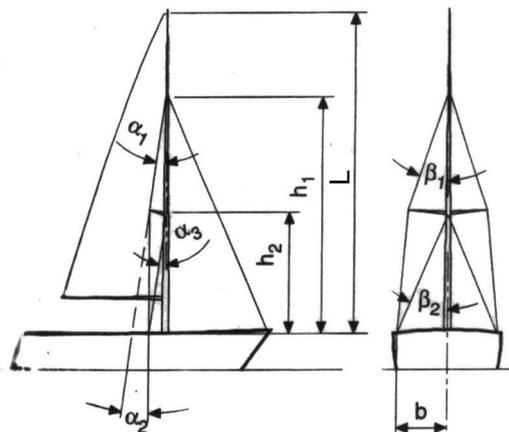


Рис. 2.4

Участок мачты, расположенный на 100 мм выше крепления верхних вант, может иметь сечение, линейно уменьшающееся к топу, как это разрешено для свободно опертых шпором мачт.

2. Стоячий такелаж

Ванты должны подходить к мачте под углами: $\alpha = 5^\circ$, $\beta = 10^\circ$

В продольном направлении угол отклонения ванты на краспицах не должен превышать $\alpha_2 = 2^\circ$.

Диаметр вант и форштага определяется силой P_w , конструкцией троса и применяемыми материалами, причем P_w должна рассчитываться по формуле:

Нижние ванты: $P_{wn} = 1,5 \times P_k$, н

Верхние ванты: $P_{wb} = 1,3 \times P_k$, н

Форштаг: $P_{ш} = 1,5 \times P_k$, н

Тип D

Топовое вооружение

Ахтерштаг должен быть закреплен на топе. Верхние ванты следует крепить не ниже, чем на $0,05 \times L$ от топа.

$h_{2\text{мин}} = 0,50 \times L$

Не топовое вооружение

Фор- ахтерштаг должны быть закреплены на топе. Верхние ванты следует крепить не ниже форштага.

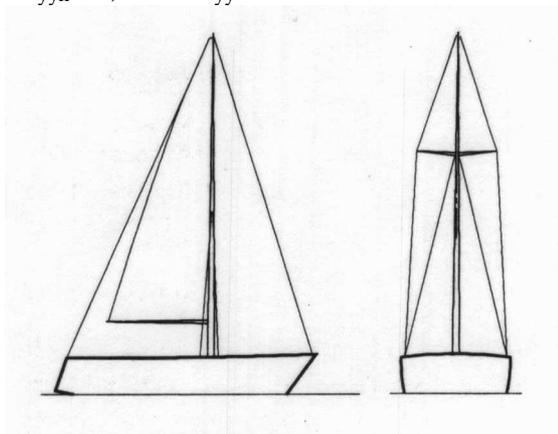
$h_{1\text{мин}} = 0,75 \times L$

$h_{2\text{мин}} = 0,50 \times h_1$

Начиная с 200 мм выше крепления верхних вант, сечение мачты может линейно уменьшаться к топу до величины момента сопротивления, определяемым выражением:

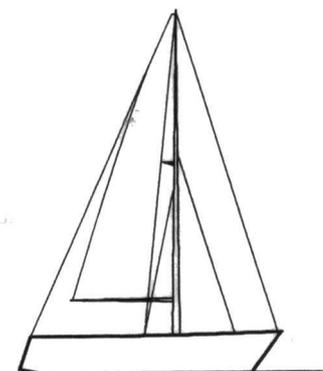
$$W_{xxh} = 0,20 \times W_{xx}$$

$$W_{yyh} = 0,20 \times W_{yy}$$



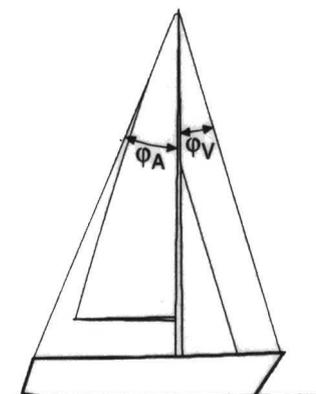
1 штаг, 1 ахтерштаг, 1 пара верхних вант в плоскости мачты, 2 пары нижних вант (допускается 1 бебиштаг к точке крепления нижних вант)

Тип D-1, Тип D-2, Тип D-3



- 1 Форштаг, 1 ахтерштаг
- 1 Пара верхних вант, сдвинутых к корме
- 1 Пара нижних вант, сдвинутых к корме
- 1 Бебиштаг

РИС. 2.6 Тип D-2¹



- 1 Форштаг, 1 ахтерштаг
- 1 Пара верхних вант, смещенных к корме
- 1 Пара нижних вант в плоскости мачт
- 1 Бебиштаг

Рис. 2.7 Тип D-3¹

1. Мачта

1.1 Момент сопротивления мачты для типов D-1 и D-2 не может быть меньше, чем:

$$I_{xx} = C_3 \times P_K \times h_2^2, \text{ см}^4$$

$$I_{yy} = C_4 \times P_K \times h_1^2, \text{ см}^4$$

Момент инерции мачты вооружения типа D-3 не должен быть меньше:

$$I_{xx} = C_3 \times P_K \times h_2^2, \text{ см}^4$$

$$I_{yy} = 1,4 \times C_4 \times P_K \times h_1^2, \text{ см}^4$$

I_{xx} = момент инерции сечения мачты относительно продольной оси, см⁴

I_{yy} = момент инерции сечения мачты относительно поперечной оси, см⁴

$P_K = 3,0 \times M_{\text{вост}} / b$, Н,

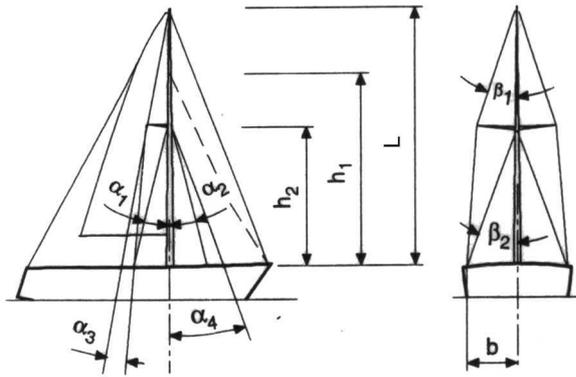


Рис. 2.8

Коэффициенты C_3 и C_4 берутся из следующей таблицы

	C_3	C_4	C_4
		Топовое	Не топовое
Мачта стоит на палубе	0,000265	0,00013	0,00012
Мачта закреплена в ступе и пяртнерсе	0,0002	0,000105	0,000095

2. Стоячий такелаж

Ванты должны подходить к мачте под углами: $\alpha_{1,2} = 5^\circ$, $\beta_{1,2} = 10^\circ$.

В продольном направлении угол отклонения верхних вант на краспицах не должен превышать $\alpha_3 = 2^\circ$. Верхние ванты могут располагаться в плоскости мачты ($\alpha_1 = 0^\circ$).

При установке беби-штага, он должен подходить к мачте под углом α_4 около 10° . При не топовом вооружении крепление бебиштага не оговаривается.

Разрывное усилие стоячего такелажа должно быть большим, чем это определяется по формулам:

Нижние ванты: $P_{\text{вн}} = 1,3 \times P_{\text{к}}$, н, если предусмотрены 2 пары вант (тип D-1).

$P_{\text{вн}} = 1,5 \times P_{\text{к}}$, н, если предусмотрена 1 пара вант (тип D-2 и тип D-3).

Верхние ванты: $P_{\text{вв}} = 1,3 \times P_{\text{к}}$, н, для топового вооружения,

$P_{\text{вв}} = 1,3 \times P_{\text{к}}$, н, для не топового вооружения с $\alpha_1 = 0^\circ$

$P_{\text{вв}} = 1,5 \times P_{\text{к}}$, н, для не топового вооружения с $\alpha_1 \leq 5^\circ$.

При применении пары нижних вант (тип D-2 и тип D-3) в целях экономии тросов рекомендуется применение одинаковых диаметров для нижних и верхних вант.

Для топового вооружения необходимо:

Форштаг: $P_{\text{ш}} = 2,55 \times P_{\text{к}} / (\cos \varphi_{\text{ш}} + \sin \varphi_{\text{ш}} / \tan \varphi_{\text{ш}})$, н

Ахтерштаг: $P_{\text{ах}} = \sin \varphi_{\text{ш}} / \sin \varphi_{\text{ах}} \times P_{\text{ш}}$, н, где:

$\varphi_{\text{ш}}$ = угол между форштагом и мачтой,

$\varphi_{\text{ах}}$ = угол между ахтерштагом и мачтой.

Для судов с не топовым вооружением следует принять:

$P_{\text{ш}} = 1,3 \times P_{\text{к}}$, н

$P_{\text{ахт}} = 1,0 \times P_{\text{к}}$, н

Если на судне не топовое вооружение и верхние ванты расположены в плоскости мачты ($\alpha_1 = 0^0$), то следует предусмотреть «летучие» бакштаги, крепящиеся к мачте на высоте верхних вант.

Бакштаг: $P_{\text{бак}} = 1,0 \times P_k, \text{ н}$

Е. Размеры конструкций специальных типов вооружения

Для допуска мачт и стоячего такелажа, не предусмотренных в разделах А – D, следует представить Германскому Ллойд расчеты, подтверждающие прочность конструкций требованиям правил постройки.

Расчеты могут быть выполнены с помощью компьютерной программы, выбор которой не регламентируется. Программа может быть проверена Германским Ллойдом путем сравнительным расчетом ранее выполненных расчетов при получении удовлетворительной сходимости результатов.

Для проведения расчетов следует согласовать с ГЛ математическую модель, граничные условия и задаваемые нагрузки. Проверочные задания, вводные и результаты должны инклюзивно подаваться. При испытаниях следует иметь ввиду, что ГЛ проводит независимые сравнительные расчеты.

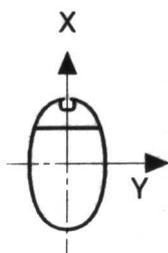
ГЛ просит провести в рамках судостроительных документов нижеследующие расчеты подобного рода.

Раздел 3

Размеры гиков и краспиц

А. Грота – гик

Грота – гик должен иметь размеры, позволяющие ему воспринимать изгибающие моменты и перерезывающие силы, в зависимости от проводки шкотов.



1. Для выбора сечения грота – гика из алюминия следует руководствоваться формулами:

$$W_{xx} = 0,10 \times E^2 \times P \times C, \text{ см}^3$$

$$W_{yy} = 0,15 \times E^2 \times P \times C, \text{ см}^3$$

W_{xx}, W_{yy} = моменты сопротивления сечения гика относительно соответствующих осей.

E = длина нижней шкаторины грота, м

$C = 1,0$ для легких сплавов,

$C = 7100/E_{\text{прим}}$ для других применяемых материалов

3. Если гикашкот не крепится к ноку гика, то

$$W_{yy} = 0,12 \times W_{yy}$$

Размеры гика могут быть изменены согласно современной геометрии, нагрузкам и расчетам.

В. Краспицы

1. Моменты инерции краспиц в середине длины не должны быть меньше чем:

$$I_{xx} = P_{ок} \times L_{кр}^2 / E / \pi^2, \text{ см}^4$$

$$I_{yy} = C_1 \times I_{xx}, \text{ см}^4$$

I_{xx} = момент инерции поперечного сечения краспицы относительно горизонтальной оси, см^4

I_{yy} = момент инерции поперечного сечения краспицы относительно вертикальной оси, см^4

$P_{ок}$ = осевая нагрузка на краспиц, $P_{ок} = 2,0 \times P_{wb} \times (\cos\delta_v + \cos\delta_n)$, н

P_{wb} = разрывная нагрузка верхней ванты, н

δ = см. рис. 3.1

$L_{кр}$ = длина краспицы, мм

E = модуль упругости материала краспицы, н/мм²

C_1 = коэффициент защемления,

$C_1 = 1$ при свободной опоре на мачту

$C_1 = 2,0$ при жестком креплении к мачте

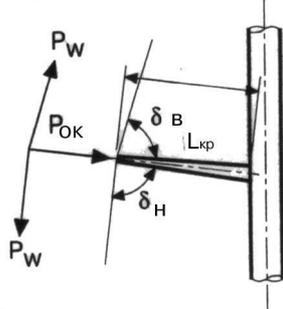


Рис. 3.1

2. Краспица должна быть закреплена таким образом, чтобы углы между ней и вантой сверху и снизу были равны.

3. Краспицы не должны быть отклонены вперед.

4. Краспицы не должны утончаться более чем на 50%.

Раздел 4.

Исполнение частей вооружения

А. Мачты и гики

На мачтах, проходящих сквозь палубу не должно быть ослаблений в поперечном направлении для выхода фалов на длине от палубы в 25% длины подпалубного участка мачты. Выше этой области выходы фалов по высоте и ширине оформляются согласно предписаниям.

При больших вырезах требуется подтверждение расчетом устойчивости.

Острые кромки вырезов и углы должны быть скруглены.

В. Оковки

Оковки и их соединения с мачтой, как и все детали стоячего такелажа (талрепы, скобы, вантовые вертлюги и т.д.) должны соответствовать 1,5-кратному разрывному усилию закрепленной к ним снасти: ванте, штагу.

Заделка вант и штагов к мачтовому профилю должна исключать появление изгибающих моментов. Это может достигаться применением изогнутых оковок.

Вант- и штагпутенсы должны иметь размеры и крепления, способные выдержать 2-кратную нагрузку P_k по разделу 2., которую могут выдержать закрепленные к ним снасти ($\sigma_{доп} = \sigma_T$). Они должны выдержать эту нагрузку без изгибов и разрушений.

Талрепа должны иметь возможность свободно качаться в продольном и поперечном направлении.

Отверстия в вантпутенсах для крепления пальцев вилок талрепов должны соответствовать международному стандарту ISO 4558.

Болты и другие съемные детали должны быть надежными длительное время. Разнородные материалы и оковки должны иметь надежную изоляцию от электролитической коррозии согласно разделу С.1 в приложении D.

Шкивы блоков бегучего такелажа должны быть так установлены в щечках, чтобы полностью исключить защемление снастей между ними.

С. Крепление мачты

Степс мачты должен иметь возможность воспринимать возникающие продольные и поперечные усилия и быть закреплен на корпусе судна.

Размеры подмачтовых конструкций должны иметь возможность воспринимать нагрузку, определяемую по формулам:

Вертикально $P_{верт} = 2 \times P_k$

Горизонтально $P_{гориз} = P_k / 3$

D/ стоячий такелаж

Стальные троса, карабины, скобы, талрепы, вертлюги должны быть изготовлены из стойких к воздействию морской воды материалов.

Для заделки концов тросов должны быть использованы:

- навальцованные наконечники
- зажимающиеся коуши по немецкому стандарту DIN 83319
- огона по DIN83319
- винтовые зажимы.

Вместо проволочных тросов допускается использование для всего стоячего такелажа или его отдельных частей сплошной проволоки (прутков). Заделка концов этой конструкции такелажа должна по возможности исключать нанесение насечек и зазубрин.

Требуемая разрывная нагрузка троса должна быть подтверждена поведением испытаний.