

# Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения: нагрузки от судов и нагрузки и воздействия льда





# *1. Нормативные документы, руководящие документы и справочные издания*

5. АК-1258 Определение ледовых нагрузок на портовые гидротехнические сооружения добавления к СН -76-66.
6. Р 31.3.07-01 Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения.
7. РД 31.31-55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений (п.12 Особенности проектирования причальных сооружений для условий Арктики; Приложение 8. Определение прочностных характеристик льда).
8. СО 34.21.145-2003 Методические указания по пропуску льда через строящиеся гидротехнические сооружения
9. Учебное пособие. Нагрузки и воздействия льда на морские гидротехнические сооружения.  
Г.В. Симаков, Ю.В. Долгополов и др.

## 2. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения

При проектировании речных и морских гидротехнических сооружений и мостов надлежит учитывать следующие ледовые нагрузки:

1. Динамическую нагрузку от ударов отдельно плывущих льдин;

2. Нагрузку от заторных и зажорных масс (динамическую);



## 2. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения

3. Нагрузку от сплошного ледяного покрова при его термическом расширении (статическую);

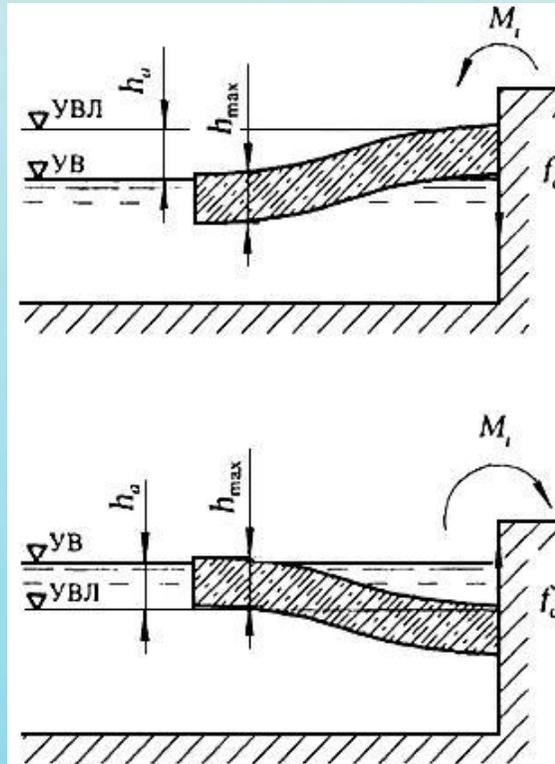


4. Нагрузку, возникающую от навала ледяного поля на сооружение под влиянием ветра или течения (статическую);



## 2. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения

5. Нагрузку, передающуюся примерзшим к сооружению ледяным покровом при колебаниях уровня воды (статическую);



6. Нагрузку, возникающую при трении льдин о поверхность сооружения (динамическую).



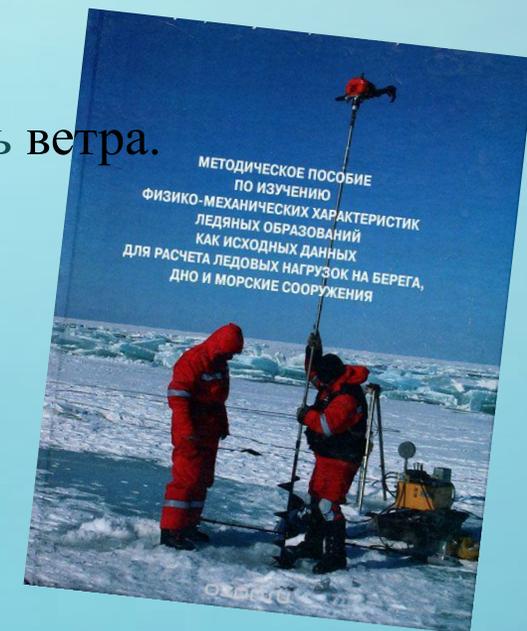
## Исходные данные по расчету ледовых нагрузок

- характеристики геометрических размеров и форм рельефа ледяного покрова;
- толщина льда: средняя и максимальная;

• перепады температур, необходимые при расчете нагрузки от температурного расширения;

• максимальная и минимальная скорости подхода льда к сооружению;

• температура воздуха, необходимая для расчета прочности льда; скорость ветра.



Основными прочностными характеристиками ледяного покрова являются:

пределы прочности льда при сжатии  $R_c$  и  $R_f$  изгибе.

$$R_c = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i + \Delta_i)^2}, \quad (48)$$

$$R_f = 0,4(C_b + \Delta_b), \quad (49)$$

где  $N$  - количество слоев одинаковой толщины, на которое разбивается (по толщине) рассматриваемое ледяное поле, при этом  $N \geq 3$ ;

$C_i$  - значение прочности льда на одноосное сжатие, МПа, в  $i$ -м слое при температуре  $t_i$ ;

$\Delta_i$  - доверительная граница случайной погрешности определений  $C_i$ , МПа, определяемая методами математической статистики;

$C_b$  и  $\Delta_b$  - значение прочности льда на одноосное сжатие, МПа, в нижнем слое рассматриваемого ледяного поля при температуре  $t_b$  и доверительная граница случайной погрешности определений  $C_b$ , МПа, определяемые так же, как  $C_i$  и  $\Delta_i$ ;

$t_b$  - температура льда на границе лед-вода (температура замерзания), равная для пресной воды 0 °С, а для соленой воды определяемая по формуле  $t_b = -0,057s_w$ , где  $s_w$  - соленость воды, ‰.

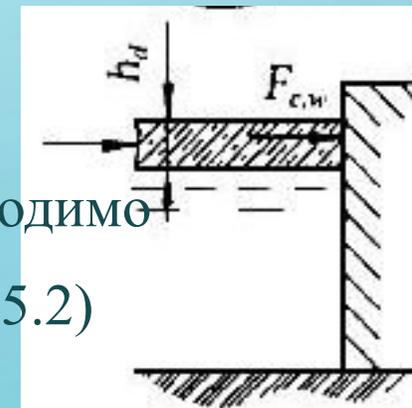


**Расчетную толщину ровного льда  $h$  следует принимать равной 0,8 от наибольшей за зимний период толщины с вероятностью превышения 1%. Принимают на основе анализа ледовой обстановки за многолетний период.**

При недостаточности исходных данных рекомендуется использовать для определения  $h$  региональные формулы. Метеорологические элементы, входящие в эти формулы, следует выбирать из ряда наблюдений, который не должен быть меньше 10 лет. (СН 76-66 п.2.1, АК 1258 §1 а))



**Точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки необходимо принимать ниже расчетного уровня воды на  $0,3h$ . (СНиП 2.06.04-82 п.5.2)**



### 3. *Нагрузки от судов (плавучих объектов) на гидротехнические сооружения*

При расчете гидротехнических сооружений на нагрузки от судов (плавучих объектов) необходимо определять:

1. Нагрузки от ветра, течения и волн на плавучие объекты;



2. Нагрузки от навала пришвартованного судна на причальное сооружение при действии ветра, течения и волн;



### 3. Нагрузки от судов (плавающих объектов) на гидротехнические сооружения

3. Нагрузки от навала судна при его подходе к портовому причальному сооружению;

4. Нагрузки от натяжения швартовов при действии на судно ветра, течения и волн.

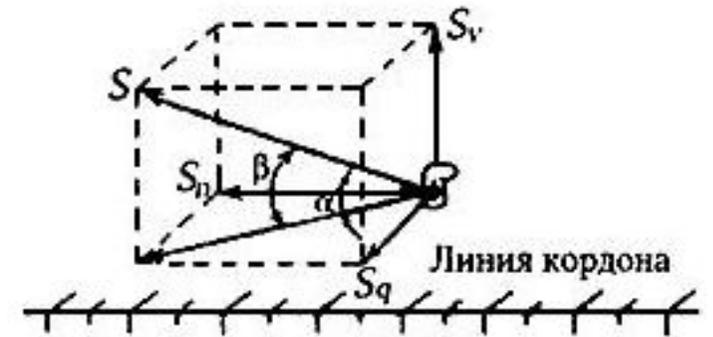
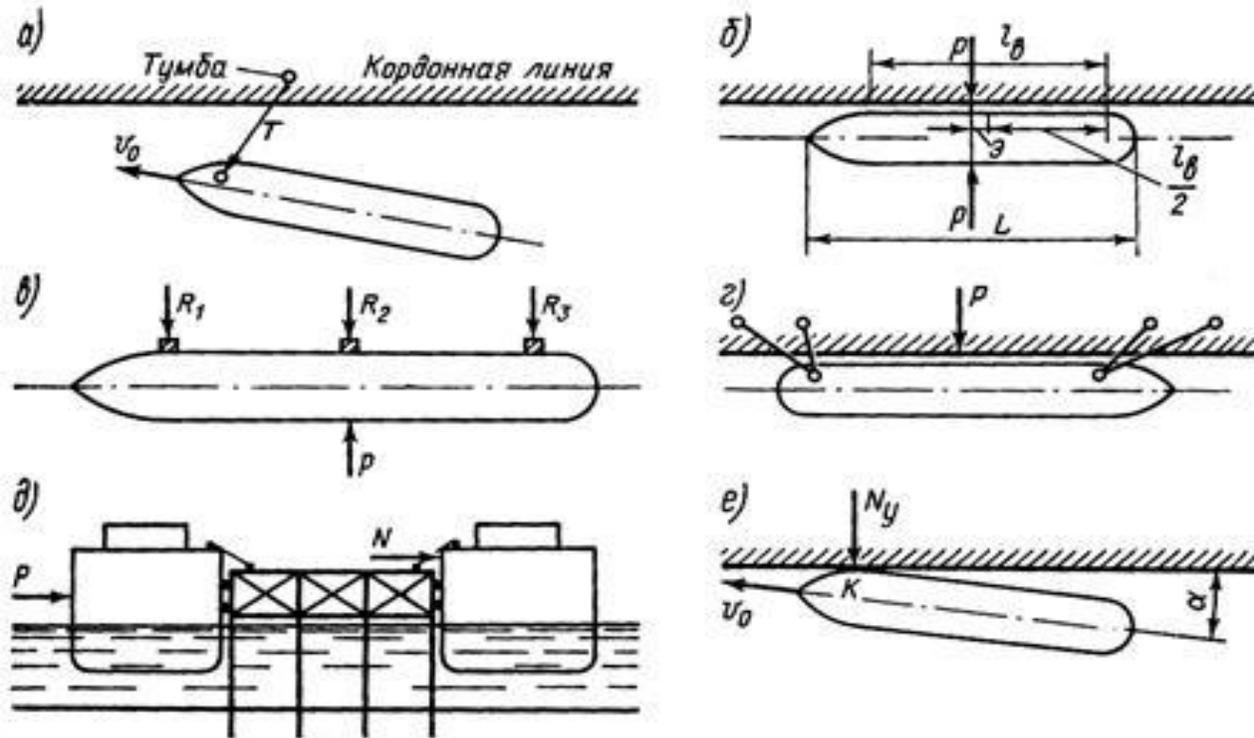


Рис. 3 Виды нагрузок, возникающих при взаимодействии судна и причала:  
а — торможение на швартовах; б, в — навал судна от ветра и течения; г — швартовые нагрузки; д — навал и швартовые нагрузки на пирс; е — навал при подходе судна



## Нагрузки на сооружения от натяжения швартовов

Нагрузки от натяжения швартовов должны определяться с учетом распределения на швартовные тумбы (или рымы) поперечной составляющей суммарной силы  $Q$ , кН, от действия на одно расчетное судно ветра и течения.

Воспринимаемую одной тумбой (или рымом) силу  $S$ , на уровне козырька от всех судов, швартовы которых заведены за тумбу, а также ее поперечную вертикальную  $S_v$ , кН, проекции следует определять по формулам:

$$S = \frac{Q}{n \sin \alpha \cos \beta}, \text{ кН,}$$

$$S_q = \frac{Q}{n}, \text{ кН,}$$

$$S_n = S \cos \alpha \cos \beta, \text{ кН,}$$

$$S_v = S \sin \beta, \text{ кН,}$$

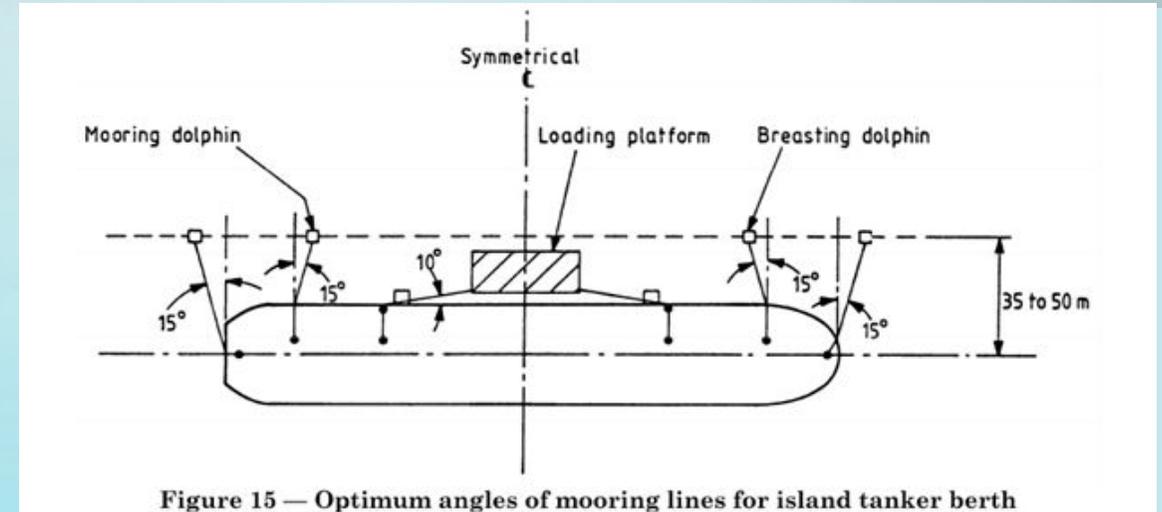
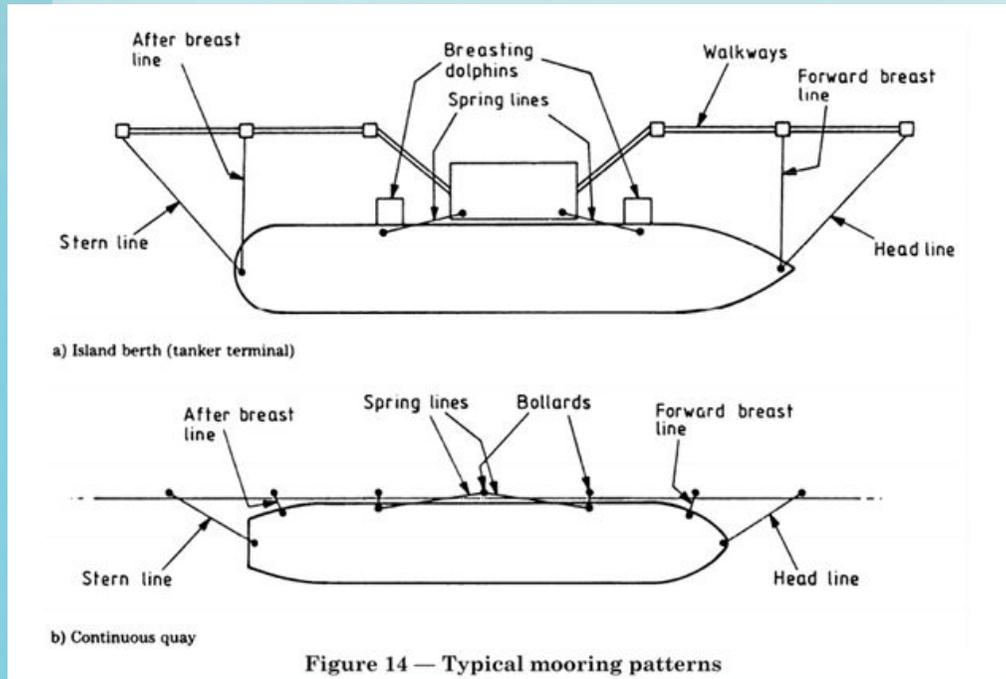
где  $n$  – число работающих тумб, принимаемое по таблице 11 п.6.11 СП38.1

$\alpha$ ,  $\beta$  – углы наклона швартова, град, принимаемые по таблице 12 п.6.11 СП38.13330.2012.



# Международные стандарты углов наклона швартовных

Maritime works. Code of practice for design of fendering and mooring systems. BS 6349-2014/Работы в море. Принятая практика проектирования привальных и швартовных систем.

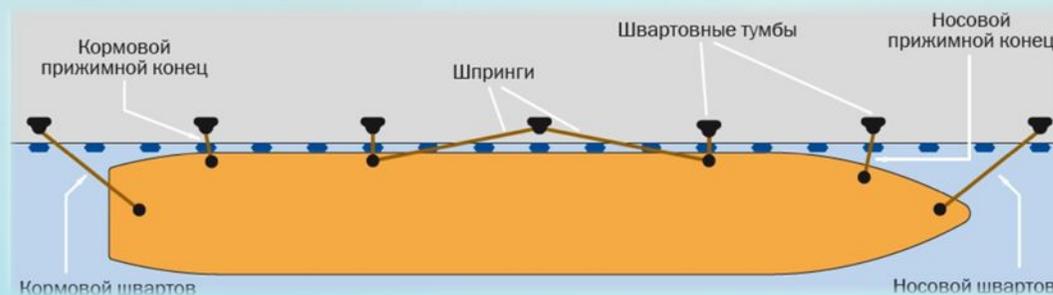


Оптимальные углы швартовов наливного судна у причала

Типовые схемы швартовки

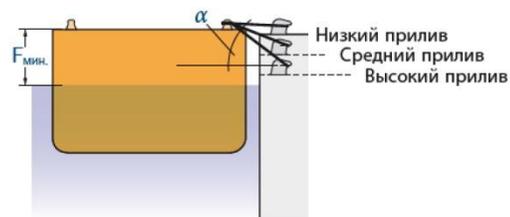


Уклоны наклона швартовых, как правило, рассчитываются при комплексном моделировании швартовки. В соответствии с действующими стандартами и рекомендациями, такими как BS 6349: Часть 4, углы наклона швартовых не должны выходить за пределы, указанные в таблице. В некоторых случаях нужно предусматривать значительно большие углы.

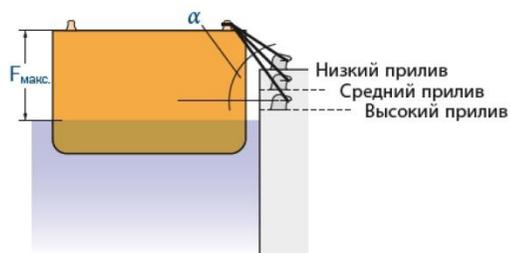


## Типовые схемы швартовки

Полная загрузка



Осадка порожнем



## Рекомендуемые углы наклона швартова (BS 6349)

Носовой и кормовой швартовы*	$45^\circ \pm 15^\circ$
Прижимные концы*	$90^\circ \pm 30^\circ$
Шпринги*	$5-10^\circ$
Вертикальный угол наклона ( $\alpha$ )	$< 30^\circ$

\* Относительно угла швартовки