ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71090— 2023

Внутренний водный транспорт

ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Эксплуатация набережных, подпорных стен тонкостенных (шпунтовых). Контроль технического состояния конструктивных элементов. Основные требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Некоммерческим партнерством «Ассоциация профессиональных гидротехников «Гипроречтранс» (НП «Ассоциация «Гипроречтранс»), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 032 «Водный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 ноября 2023 г. № 1380-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения 2
4 Требования к распределительным поясам и шапочным балкам 3
5 Общие требования к анкерным, экранирующим и разгрузочным устройствам 4
6 Поверочный расчет анкерных плит, стенок и свай 5
7 Поверочный расчет анкерных тяг, пружинных и срезных компенсаторов 7
8 Поверочный расчет грунтовых анкеров и элементов их конструкции 9
Приложение А (рекомендуемое) Определение нагрузки от судов при их швартовке 11
Приложение Б (рекомендуемое) Определение усилий от навала судна при подходе к причальной набережной 13
Приложение В (рекомендуемое) Определение усилий от ледовых нагрузок 14
Приложение Г (рекомендуемое) Определение ледовых нагрузок 15
Библиография 18

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Внутренний водный транспорт

ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Эксплуатация набережных, подпорных стен тонкостенных (шпунтовых). Контроль технического состояния конструктивных элементов. Основные требования

Inland water transport. Infrastructure objects. Operation of embankments, thin-walled retaining walls (sheet piling). Monitoring the technical condition of structural elements. Basic requirements

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает основные требования к конструктивным элементам набережных и подпорных стен тонкостенных (шпунтовых) объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта, учитываемых при контроле (определении вида по ГОСТ 20911) их технического состояния в процессе эксплуатации и разборе аварийных ситуаций.

Примечание — Детализацию отдельных положений настоящего стандарта можно найти в [1] и других пособиях.

1.2 При необходимисти требования настоящего стандарта используются для оценки критериев группы В (признаки, характеризующие соответствие сооружения требованиям проектной документации) и группы Е (е1 — соответствие проекта сооружения действующим нормам и правилам проектирования) ГОСТ Р 57109.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на следующие объекты:

- причальные и другие набережные;
- подпорные стены, в том числе стены камер шлюзов, причальные и направляющие палы;
- берегоукрепительные сооружения.

Положения настоящего стандарта могут быть использованы при проектировании и других объектов.

Настоящий стандарт дополняет положения ГОСТ Р 57109.

1.4 Настоящий стандарт предназначен для применения на территории Российской Федерации юридическими лицами (индивидуальными предпринимателями) независимо от форм собственности и подчиненности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 3057 Пружины тарельчатые. Общие технические условия

ГОСТ 20911 Техническая диагностика. Термины и определения

ГОСТ Р 55561 Внутренний водный транспорт. Портовые гидротехнические сооружения. Требования безопасности

ГОСТ Р 57109 Внутренний водный транспорт. Контроль технического состояния и оценка безопасности гидротехнических сооружений на внутренних водных путях

Издание официальное

ГОСТ Р 57355/EN 1537:2014 Анкеры грунтовые. Правила производства работ

ГОСТ Р 58744.1 Внутренний водный транспорт. Объекты инфраструктуры. Набережные, подпорные стены тонкостенные (шпунтовые). Основные требования к расчету и проектированию.

СП 16.13330 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»

СП 24.13330 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»

СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»

СП 41.13330 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружении»

СП 101.13330 «СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном фонде стандартов.

3 Термины, определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 58744.1, СП 38.13330, СП 101.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **грунтовый анкер:** Анкерное устройство, передающее усилия исключительно на грунтовое основание конструкциями, взаимодействующими с грунтом.

Примечание — Грунтовый анкер состоит, как правило, из трех частей: оголовка, свободной части и корня.

3.2 **анкерное устройство:** Конструктивный элемент сооружения, воспринимающий преимущественно растягивающие усилия.

3.3 **боковое давление грунта:** Горизонтальное или наклонное давление грунта на стену.

3.4 **активное давление грунта:** Боковое давление грунта при перемещении стены в сторону действия давления, соответствующее минимальному значению давления.

3.5 **давление грунта в покое:** Боковое давление грунта на несмещаемую поверхность.

3.6 **пассивное давление грунта:** Реактивное давление грунта, соответствующее максимальному значению давления.

3.7 **реактивное давление грунта:** Боковое давление грунта при перемещении стены в сторону, противоположную действию давления.

3.8 **разгрузочное устройство:** Конструктивный элемент, предназначенный для уменьшения или перераспределения усилий в тонкостенных и других набережных и подпорных стенах.

3.9 **шапочная балка [брус]:** Элемент конструкции, предназначенный для выравнивания верха шпунтовых и других тонкостенных конструкций, для восприятия вертикальных и горизонтальных нагрузок (от судов, льда, портального крана и пр.), повышения жесткости конструкции и перераспределения нагрузок при анкеровке шпунта.

3.10 **швартовное устройство причальной набережной:** Приспособления (тумбы, рымы), предназначенные для удержания судна во время стоянки у причала.

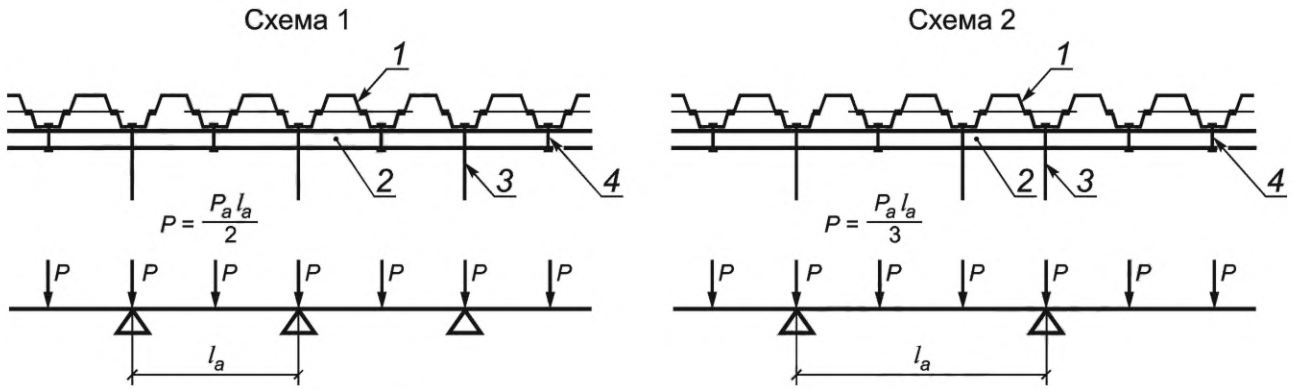
3.11 **экранирующие устройства набережных и подпорных стен:** Конструктивные элементы, предназначенные для уменьшения нагрузок на ограждающий элемент набережных и подпорных стен.

4 Требования к распределительным поясам и шапочным балкам

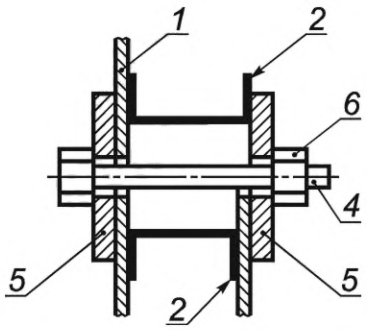
4.1 Распределительные пояса, как правило, устанавливают в подпорных стенах и набережных из стального шпунта, имеющих анкеровку ниже шапочной балки, и со стороны тыловой поверхности шпунтовой стены и позади анкерных стенок. При этом они крепятся к шпунту с помощью болтов, длина которых должна выровнять в плане шпунтовую стенку. В случае необходимости для выравнивания шпунтовой стенки устанавливают дополнительный пояс.

Примечание — Рекомендуется выполнять распределительный пояс из двух швеллеров [см. рисунок 1, а), б)]. Расстояние между швеллерами должно быть таким, чтобы при возможной осадке или прогибе тяги последняя не опиралась на швеллер. Зазор между тягой и швеллером должен быть не менее 15 мм.

Положение швеллеров фиксируют элементами жесткости из стального проката или листовой стали.



а) Схемы 1 и 2 к определению усилий в распределительном поясе



1 — стальной шпунт; *2* — распределительный пояс; *3* — анкерная тяга; *4* — соединительный болт; *5* — подкладка; *6* — гайка

б) Узел крепления распределительного пояса к стальному шпунту

Рисунок 1 — Схемы к расчету распределительного пояса и его узлов крепления к стальному шпунту

4.2 Прочность пояса и болтовых соединений должна быть проверена на совместное действие следующих нагрузок:

- собственный вес пояса с элементами крепления;
- вес грунта и полезная нагрузка над поясом;
- вертикальная составляющая анкерного усилия;
- горизонтальная составляющая анкерного усилия;
- швартовные усилия (для причальных набережных, см. приложение А);
- навал судна (для набережных, см. приложение Б);
- силы, возникающие при выравнивании шпунтовой стенки.

4.3 При поверочном расчете на горизонтальные нагрузки изгибающие моменты M и поперечные силы Q определяют как для многопролетной неразрезной балки, опертой на анкеры, с учетом пластических деформаций материала.

Примечание — Допускается определять максимальные значения изгибающего момента M_{max} и поперечной силы Q_{max} по формулам

$$M_{max} = \pm 0{,}085 R_a l_a^2; \quad (1)$$

$$Q_{max} = 0{,}5 R_a l_a, \quad (2)$$

где R_a — горизонтальная составляющая анкерной реакции на единицу длины сооружения;

l_a — расстояние межу анкерными тягами.

4.4 Усилие P, с учетом которого должны быть подобраны болт и подкладка под гайку, определяют по данным, приведенным на рисунке 1, в зависимости от расчетной схемы. Прочность болта проверяют исходя из нагрузки, возникающей при выравнивании шпунтовой стенки.

4.5 Шапочную балку следует выполнять из железобетона, монолитного или сборного. Однако допускается производить шапочные балки из стального проката при обеспечении его защиты от коррозии.

4.6 Железобетонные шапочные балки должны иметь температурно-осадочные швы, расположенные примерно через 15 м. При этом должно быть предусмотрено дополнительное продольное армирование для восприятия растягивающих усилий от температурных деформаций.

Температурные швы должны быть выполнены таким образом, чтобы изменения длины шапочной балки не вызывали повреждений шпунтовой стенки.

4.7 Поверочные расчеты шапочной балки выполняют аналогично расчетам как для балки на условном упругом основании. Допускается для набережных определять изгибающий момент M от навала судна при подходе к сооружению по рекомендациям приложения Б, а от ледовых воздействий — по рекомендациям приложения В.

В подпорных стенах и набережных из плоского железобетонного шпунта, заанкерованного за верх, прочность шапочной балки следует проверять также на действие положительного и отрицательного изгибающих моментов и поперечных сил, определенных по формулам (1) и (2).

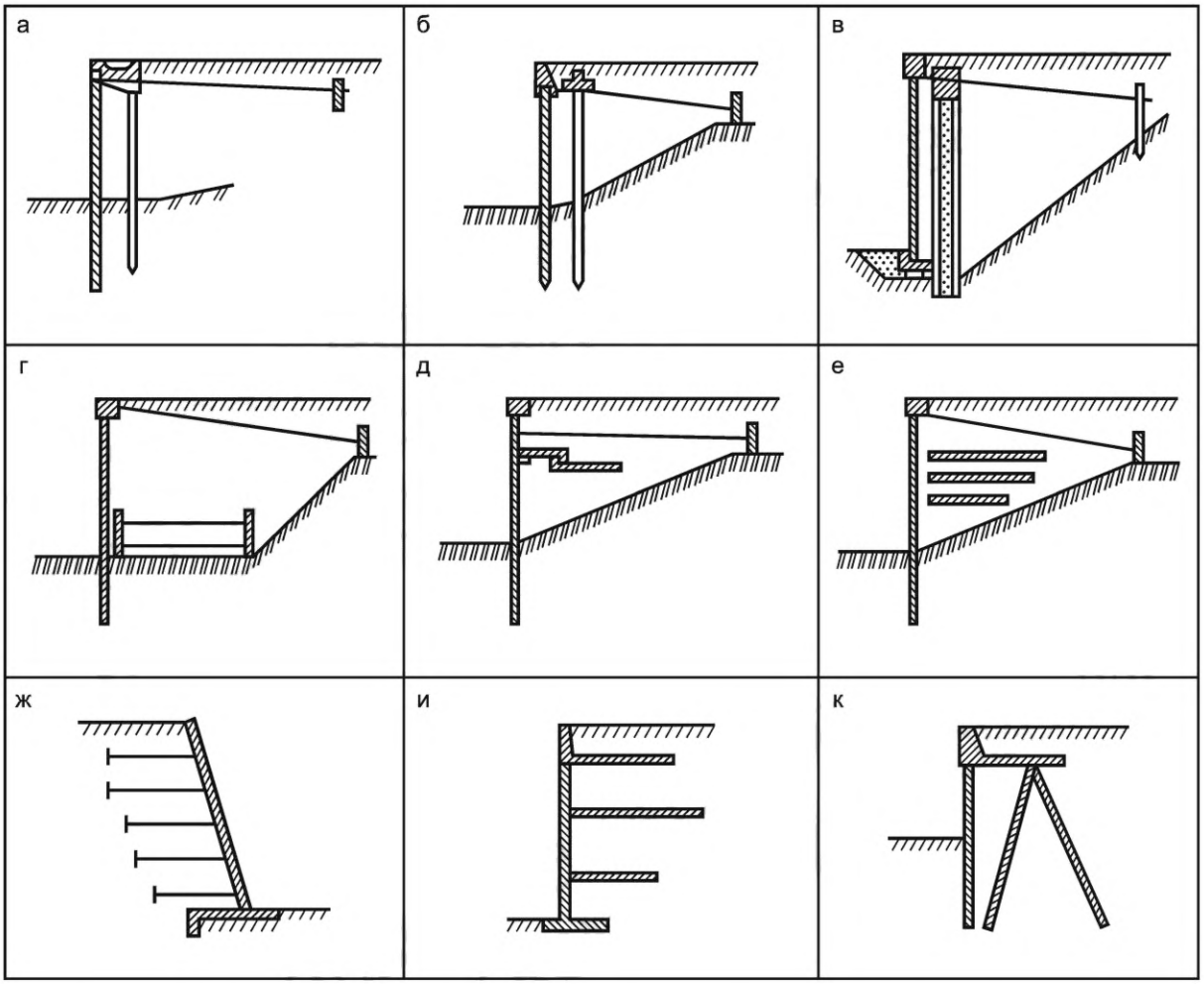
5 Общие требования к анкерным, экранирующим и разгрузочным устройствам

5.1 В настоящем стандарте под анкерными устройствами понимаются конструкции, соединенные с лицевым элементом (шпунтом), основное назначение которых — повышение устойчивости сооружения. К ним относятся: жесткие анкерные плиты; сваи и стенки; гибкие сетки из металла и пластика; полотнища из тканых и нетканых синтетических материалов; грунтовые инъекционные анкера; наклонные сваи и так называемые козловые опоры, состоящие из сжатых и растянутых наклонных свай.

Анкерно-разгрузочные и экранирующие устройства разных типов предназначены для уменьшения или перераспределения усилий в шпунтовых и других конструкциях.

Примечание — Традиционное деление конструктивных элементов сооружений, снижающих нагрузки на сооружения, увеличивающие их устойчивость или перераспределяющие усилия в ограждающих элементах, на анкерные, экранирующие и разгрузочные условно и не всегда возможно. На рисунке 2 схематично показаны некоторые из таких устройств, осуществленных или рекомендованных при наличии или отсутствии внешней анкеровки за анкерные опоры.

5.2 Требования к поверочному расчету наиболее распространенных конструкций приведены в разделах 6—8.



а — экранирующая стена, соединенная со шпунтовой стеной; б — то же, не соединенная со шпунтовой стеной (свайный ростверк за стеной); в — стена с экранирующими сваями-оболочками большого диаметра; г — экранирование взаимно заанкеренными стенками; д — стена с анкерно-разгрузочными плитами; е — стена с горизонтальными рамами в засыпке; ж — многоярусная анкеровка стены (система Коэна); и — многоярусное расположение разгрузочных плит; к — анкерно-разгрузочный ростверк с анкеровкой за козловые сваи

Рисунок 2 — Сооружения с анкерно-разгрузочными и экранирующими устройствами

6 Поверочный расчет анкерных плит, стенок и свай

6.1 Поверочный расчет устойчивости вертикальных анкерных плит (см. рисунок 3) при угле наклона анкерной тяги к горизонтали не более 15° в случае обеспечения общей устойчивости сооружения, включающего анкерные устройства, проводят исходя из условия

$$\gamma_{lc}\left(T_{ah}+\rho_{ah}E_{ah}\right)\le\frac{\gamma_c\gamma_{c1}}{\gamma_n}\rho_{ph}E_{ph}, \qquad (3)$$

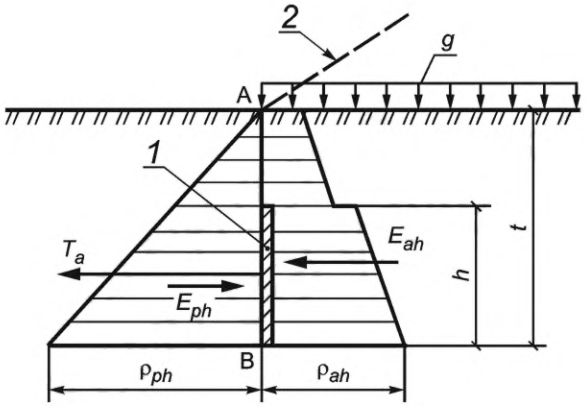
где γ_{lc}, γ_c, γ_n — коэффициенты безопасности по СП 101.13330 или СП 41.13330;

γ_{c1}, — дополнительный коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

T_{ah} — горизонтальная составляющая усилия T_a передаваемого на анкерную плиту, в анкерной тяге или равнодействующей усилий в тяге;

ρ_{ah} и ρ_{ph} — коэффициенты снижения активного и пассивного давлений, определяемые по формуле (5);

E_{ah} и E_{ph} — горизонтальные составляющие активного и пассивного давлений грунта, определяемые по СП 101.13330, [1], [2].



1 — анкерная плита; *2* — штабель навалочного груза

Рисунок 3 — К поверочному расчету устойчивости вертикальных анкерных плит

Пассивное давление грунта E_{ph} определяют на вертикальную расчетную поверхность А-В, при этом временную нагрузку на поверхности засыпки, как правило, не учитывают. h и t — соответственно высота плиты и ее заглубление.

При зазоре между анкерными плитами менее $0{,}2l_a$ активное E_{ah} и пассивное E_{ph} давления грунта следует определять на длине l_a. При зазоре между анкерными плитами более $0{,}2l_a$ значение E_{ah} и E_{ph} следует определять как для отдельно стоящих опор.

При определении активного давления временную нагрузку g на поверхности засыпки располагают от расчетной поверхности, а значения T_a, E_{ah} и E_{ph} вычисляют при максимальном уровне воды перед набережной.

Если анкерное усилие отклонено от нормали к плите более чем на 15°, следует принять

$$\gamma_{c1} = (1 + \sin\omega)\cos\omega, \tag{4}$$

где ω — угол отклонения равнодействующей нагрузки [в левой части условия (3)] от нормали к плите (знак минус при ω — при отклонении вверх).

При горизонтальном направлении равнодействующей активных сил для несвязного грунта безразмерный параметр ρ_h допускается определять

$$\rho_h = \frac{h}{t}\cdot\frac{\rho h(h)}{\rho h(t)}\left(\frac{\sqrt{2x}tg\varphi + \dfrac{1}{\cos\varphi}}{\sqrt{2}tg\varphi + \dfrac{1}{\cos\varphi}}\right)^2, \tag{5}$$

где $\rho_{h(h)}$ и $\rho_{h(t)}$ — средняя интенсивность активного или пассивного давления грунта в пределах соответственно высоты плиты h и заглубления t (например, для активного давления $\rho_{h(t)} = E_{ah}/t$, для пассивного — $\rho_{h(t)} = E_{ph}/t$).

Параметр x определяют по формуле

$$x = t\cdot\rho_{h(t)}\Big/\left(h\cdot\rho_{h(t)}\right), \text{ но не более } \left(2 + \frac{tg\varphi}{\sqrt{2}}\right); \tag{6}$$

где φ — угол внутреннего трения грунта в пределах высоты плиты.

6.2 Поверочные расчеты по деформациям анкерных плит в заанкеренных шпунтовых набережных и подпорных стенах, как правило, следует проводить по первой группе предельных состояний исходя из условия

$$\gamma_{lc}U \le \frac{\gamma_c\gamma_{c1}}{\gamma_n}U_u, \tag{7}$$

где γ_{lc}, γ_c, γ_{c1} и γ_n — те же, что в условии (3);

U — горизонтальное смещение анкерной плиты, вычисляемое по формуле

$$U = \frac{T_{ah} + \rho_{ah} E_{ah}}{hbK_f}, \quad (8)$$

где h, b — соответственно высота и ширина анкерной плиты;

K_f — коэффициент податливости грунта перед анкерной плитой, зависящий от вида грунта, его плотности, глубины заложения анкерной плиты и др.

Примечание — Для песчаного грунта средней плотности при $h \geq 1/3t$ допускается принимать $K_f = 8$ мН/м^3 (800 тс/м^3). При выходе за пределы ограничений, указанных выше, коэффициент податливости грунта K_f перед анкерной плитой может быть вычислен по формуле, исходящей из аппроксимации зависимости между нагрузкой и перемещением плиты квадратичной параболой

$$K_f = \frac{20\gamma_w}{1 - R_D} \cdot \frac{\rho_{ph} E_{ph}}{T_{ah} + \rho_{ah} E_{ah}}, \quad (9)$$

где γ_w — удельный вес воды;

T_{ah}, E_{ah}, E_{ph}, ρ_{ah}, ρ_{ph} — те же, что и в 6.1;

R_D — коэффициент уплотнения грунта перед анкерной плитой;

U_u — предельное (допустимое) горизонтальное смещение анкерной плиты, принимаемое равным предельному горизонтальному смещению стены на уровне анкеровки.

6.3 Поверочный расчет прочности анкерных плит проводят на усилия, которые возникают от действия реактивного давления грунта перед плитой, в соответствии с требованиями СП 16.13330 и СП 41.13330.

6.4 Поверочный расчет анкерной опоры в виде вертикальных стен или свай выполняют аналогично безанкерным шпунтовым стенам.

6.5 Поверочный расчет анкерных козловых опор (см. рисунок 4) допускается выполнять нижеприведенным упрощенным способом.

Анкерную силу T_a раскладывают на составляющие N_I и N_{II} по направлению свай. Выполняют расчет свай на продольную нагрузку в соответствии с требованиями СП 24.13330. При учете трения по боковой поверхности свай в расчет вводят только участки свай ниже поверхности естественного откоса, проведенной от подошвы лицевой стены.

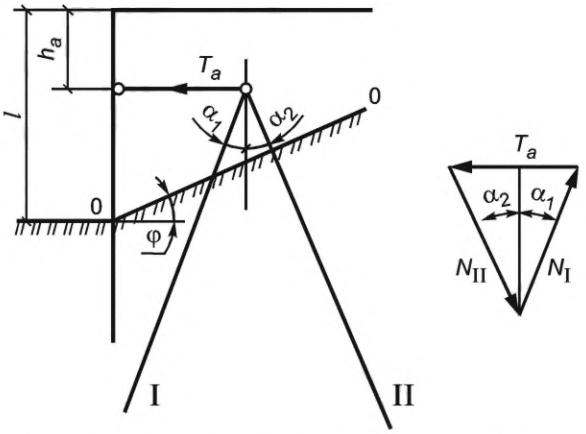


Рисунок 4 — Схема к расчету анкерных козловых опор

7 Поверочный расчет анкерных тяг, пружинных и срезных компенсаторов

7.1 Поверочные расчеты стальных и железобетонных анкерных тяг следует выполнять с учетом:

- осадки грунта под тягой;
- строительного подъема или провиса тяги;
- различных способов закрепления концов тяги;
- пружинных или срезных компенсаторов;
- промежуточных, не смещаемых по высоте опор;

- изменения температуры тяги после засыпки ее грунтом;
- смещения концов тяги.

Примечания

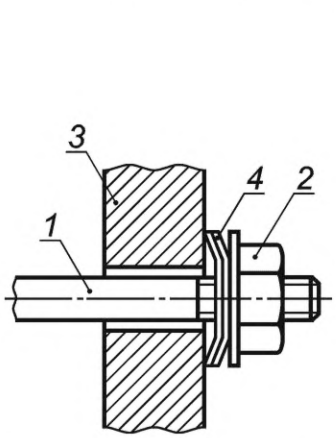
1 Соответсвующие рекомендации по расчету можно найти в [1], [2] и технической литературе.

2 Компенсаторы, повышая деформативность анкерной опоры, позволяют ограничить усилия в анкерной тяге заданной величиной, снизить неравномерность натяжения тяг, особенно в тех случаях, когда расчетное усилие в тяге определено зависанием на ней грунта при осадке засыпки или температурными деформациями тяг. В конструкциях набережных используют несколько типов компенсаторов, устанавливаемых в муфтах тяг или в узлах крепления тяг к опорам. Наиболее простые конструкции показаны на рисунках 5 и 6.

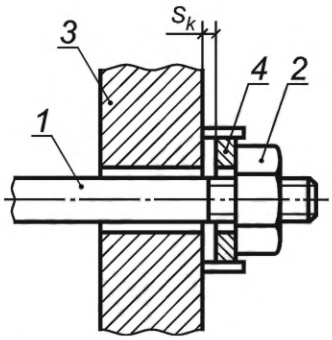
3 В качестве пружинных компенсаторов, как правило, принимают тарельчатые пружины по ГОСТ 3057 [см. также рисунок 5, а)]. Расчет пружинного компенсатора состоит из подбора пружины на максимальное анкерное усилие и требуемую податливость компенсатора.

4 Срезной компенсатор рассчитывают исходя из требуемого значения смещения компенсатора S_k и размеров сварного шва или опорных крюков. Размеры сварного шва или опорных крюков срезных компенсаторов определяют на основании испытаний таким образом, чтобы под действием расчетного усилия произошел срез сварного шва или отгиб опорных крюков.

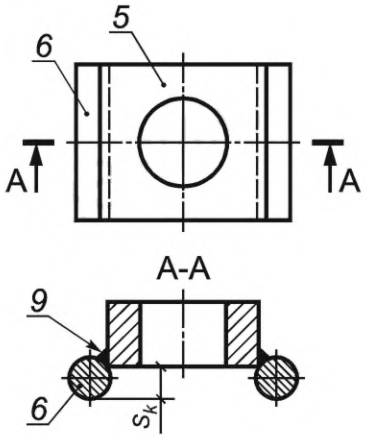
5 В случае необходимости можно использовать многоступенчатые компенсаторы.



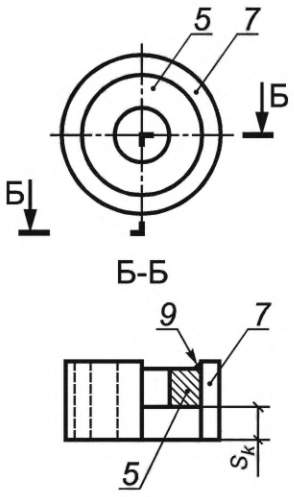
а) Схема пружинного компенсатора в виде пакета тарельчатых пружин



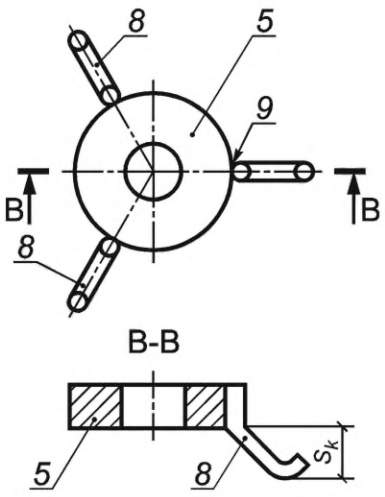
б) Схема срезного компенсатора



в) Срезной компенсатор из пластины и стержней



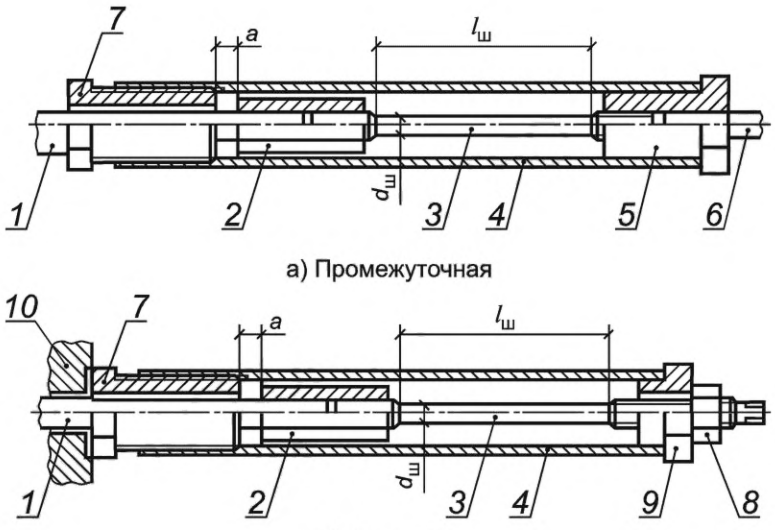
г) Срезной компенсатор из пластины и отрезка трубы



д) Срезной компенсатор из пластины и крюков

1 — анкерная тяга; *2* — гайка; *3* — анкерная плита; *4* — компенсатор; *5* — пластина компенсатора; *6* — опорный стержень; *7* — отрезок трубы; *8* — крюк; *9* — сварной шов

Рисунок 5 — Конструкции компенсаторов в узлах соединения с анкерной плитой или с лицевым элементом



а) Промежуточная

б) Концевая

1 — звено анкерной тяги; *2* — внутренняя муфта; *3* — шпилька, например из мягкой стали или капрона и т. п.; *4* — корпус; *5* — гайка; *6* — звено анкерной тяги; *7* — регулировочная гайка; *8* — гайка; *9* — заглушка; *10* — опора анкерной тяги; $l_ш$ — длина ослабленного сечения шпильки; $d_ш$ — диаметр шпильки; *a* — зазор

Рисунок 6 — Муфты-компенсаторы для анкерных тяг ЛенморНИИпроекта 1974 г.

7.2 Как правило, поверочный расчет прочности анкерных тяг следует проводить на растяжение и на растяжение с изгибом.

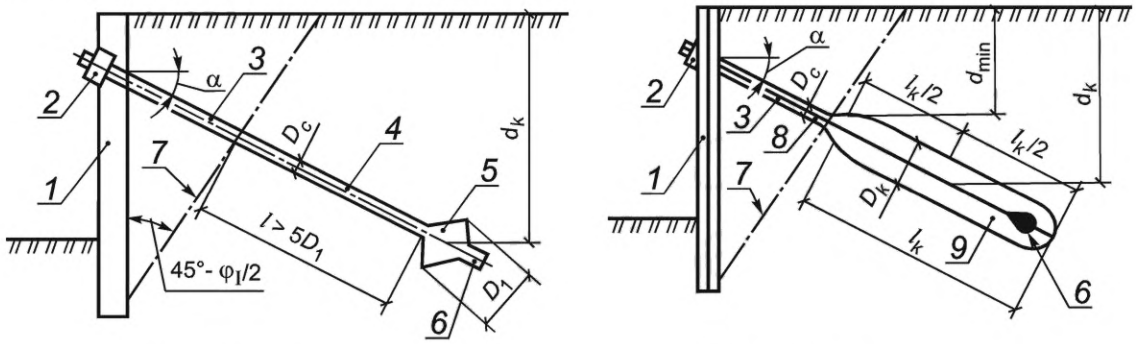
8 Поверочный расчет грунтовых анкеров и элементов их конструкции

8.1 Подробная информация о грунтовых анкерах и их расчете приведена в ГОСТ Р 57355. Схемы к расчету грунтовых анкеров в соответствии с настоящим стандартом показаны на рисунке 7.

Примечания

1 Грунтовые анкера устанавливают с предварительным напряжением или без него. При преднапряжении сила натяжения анкера должна превышать расчетную нагрузку не менее чем 1,5 раза, и это должно быть учтено при расчете лицевого элемента конструкции. При этом следует учитывать потери предварительного напряжения за счет релаксации стали, усадки и ползучести цементного раствора и пр. Как правило, суммарную величину потерь принимают не менее 10 % от расчетного усилия в анкере и 100 МПа.

2 Анкерные тяги грунтовых анкеров обычно выполняют из стержневой арматуры класса AIII, AIV, AV, а также из проволочных прядей BII и BpII.



а) С разбуренным уширением

б) С инъекционным уширением

1 — подпорная стена; *2* — стопорное устройство; *3* — тяга; *4* — скважина; *5* — уширитель; *6* — наконечник; *7* — поверхность скольжения; *8* — трубка для нагнетания раствора; *9* — зона закрепленного грунта (корень анкера); D_k — диаметр анкера; D_c — диаметр шпильки; D_1 — диаметр уширителя; d_k — глубина заложения центра заделки анкера от поверхности грунта; d_{min} — минимальная глубина заложения анкера; *l* — заглубление уширителя от поверхности скольжения; l_k — длина инъекционной части анкера; α — угол наклона анкера к горизонту; φ_I — расчетный угол внутреннего трения грунта

Рисунок 7 — Схемы к расчету грунтовых анкеров

8.2 Поверочный расчет грунтовых анкеров выполняют после проверки общей устойчивости сооружения и прочности ограждающего элемента сооружения, который включает:

- проверку несущей способности анкера по грунту;
- поверочный расчет прочности его узлов и стопорного устройства, закрепляющего тягу на конструкции.

Примечание — Поверочный расчет местной устойчивости анкера по грунту проводят исходя из условия

$$\gamma_{lc} F \le \gamma_c \gamma_{c1} \gamma_{c2} R / \gamma_n, \quad (10)$$

где F — расчетная выдергивающая нагрузка, полученная в результате расчета конструкции, удерживаемой грунтовыми анкерами;

R — несущая способность анкера;

$\gamma_c = 0,7$ — для глин и суглинков, кроме текучепластичных, маловлажных песков и твердых супесей;

$\gamma_c = 0,6$ — для влажных песков и пластичных супесей;

$\gamma_c = 0,5$ — для водонасыщенных песков;

$\gamma_{c1} = 0,8$ — для временных анкеров;

$\gamma_{c1} = 0,7$ — для постоянных;

$\gamma_{c2} = 0,9$ — для анкеров в песках;

$\gamma_{c2} = 0,8$ — для анкеров в супесях, суглинках и глинах.

Несущую способность инъекционного анкера R по грунту основания определяют как меньшее из вычисленных по формулам:

$$R = \pi D_k l_k C_a; \quad (11)$$

$$R = \pi D_c l_k C_c, \quad (12)$$

где D_k и D_c — диаметры анкера и скважины;

C_a — сила сцепления цементного раствора с металлом анкера;

C_c — сила сцепления цементного раствора с окружающей породой (допускается принимать: пески, супеси, суглинки и глины — 100—150 кПа, гравелистый грунт — 200 кПа, скальный грунт — 250 кПа).

8.3 Полную длину анкеров, обеспечивающих устойчивость набережных и подпорных стен, определяют расчетом общей устойчивости сооружения. В однородном грунте при равномерно распределенной нагрузке на его поверхности конец закрепленного грунта (корня анкера) не должен быть ближе поверхности естественного откоса, проведенной от подошвы лицевой стены, а учитываемая в расчете ближняя часть корня — ближе поверхности обрушения, проведенной под углом 45° — $\varphi_I/2$.

При использовании анкеров в качестве разгрузочного устройства для части устойчивой стены рабочая часть анкеров может быть расположена ближе к стене.

8.4 На практике окончательное установление несущей способности анкеров на стадии рабочей документации, как правило, следует проводить по результатам их испытаний статической нагрузкой.

Приложение А
(рекомендуемое)

Определение нагрузки от судов при их швартовке

А.1 Согласно СП 38.13330 значение силы натяжения швартова F_s для судов речного флота должно принимать исходя из данных, приведенных в таблице А.1.

Таблица А.1 — Нормативные значения силы натяжения швартова F_s

Расчетное водоизмещение судна в грузу, тыс. т	F_s, кН, для судов	
	пассажирских, грузопассажирских, технического флота со сплошной надстройкой	грузовых и технического флота без сплошной надстройки
0,1 и менее	50	30
Св. 0,1 до 0,5	100	50
Св. 0,5 до 1	145	100
Св. 1 до 2	195	125
Св. 2 до 3	245	145
Св. 3 до 5	—	195
Св. 5 до 10	—	245
Более 10	—	295

Нормальную к кордону составляющую силы натяжения швартова F_{sq} принимают равной $0,7F_s$ — для пассажирских и грузопассажирских судов и $0,5F_s$ — для грузовых судов при расположении швартовных тумб на кордоне.

Примечания

1 Характеристики судов внутреннего плавания находятся на сайте gost.e-ecolog.ru

2 В расчетах прочности набережных нагрузку от натяжения швартовых учитывают только при отсутствии дополнительной анкеровки тумбовых массивов и прикладывают к сооружению на уровне верха набережной или оси рыма.

3 В расчетах общей устойчивости и деформаций причальных набережных (кроме эстакадных) швартовную нагрузку, как правило, не учитывают.

А.2 Распределение швартовной нагрузки вдоль фронта сооружения зависит от конструкции набережной, размеров шапочной балки, высоты консольной части шпунтовой стены и пр.

Для расчетов шпунтовых, уголковых и других конструкций с тонкостенными сборными лицевыми элементами допускается определять нагрузку от натяжения швартовых, приходящуюся на 1 м длины сооружения, q_s по формуле

$$q_s = F_{sq} / b, \quad (А.1)$$

где $b = 15h_c$, но не менее b_1 и не более расстояния между тумбами и длины секции набережной;

h_c — высота шапочной балки, м;

b_1 — ширина сборного элемента по фронту набережной, м;

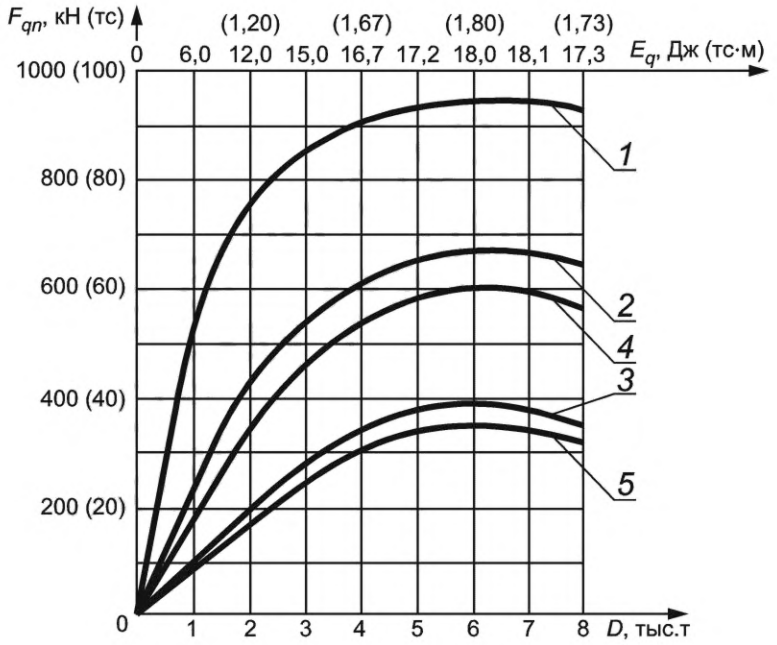
F_{sq} — нормальная к кордону составляющая силы натяжения швартова.

А.3 Нагрузку от навала судна F_q при подходе к набережным со сплошной лицевой поверхностью следует определять по СП 38.13330. При расчете набережных из стального шпунта эту нагрузку допускается не учитывать.

Примечания

1 В расчетах допускается принимать величину податливости борта судна c_s = 0,00002 м/кН (0,0002 м/тс), а величину податливости сооружения c_c = 0,00004 м/кН (0,0004 м/тс).

2 Для набережных со сплошной лицевой поверхностью допускается определять нормативное значение поперечной горизонтальной нагрузки F_{qn} по графику на рисунке А.1 (в зависимости от водоизмещения судна D, если нормальная составляющая скорости подхода судна не превышает величин, указанных в таблице 22 СП 38.13330.2018, или в зависимости от кинетической энергии навала судна E_q, определяемой по СП 38.13330.



1 — без отбойных устройств; *2* — при отбойных устройствах на амортизаторах из одинарных автопокрышек; *3* — то же, из сдвоенных автопокрышек; *4* — при отбойных устройствах на амортизаторах из резиновых труб диаметром 0,3 м; *5* — то же, из резиновых труб диаметром 0,4 м

Рисунок А.1 — Нормативные значения поперечной горизонтальной нагрузки от навала судна при подходе к набережной

А.4 Нормативное значение продольной нагрузки F_{ln} от навала судна при подходе к сооружению вычисляют по формуле

$$F_{ln} = f F_{qn}, \quad (А.2)$$

где f — коэффициент трения, значение которого допускается принимать равным 0,5, а при деревянной поверхности отбойного устройства — 0,4.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Определение усилий от навала судна при подходе к причальной набережной

Б.1 В настоящем приложении представлены рекомендации по определению усилий в шапочной балке и в сборных железобетонных лицевых элементах таврового или прямоугольного сечений шпунтовых набережных, набережных уголкового профиля, надстроек и т. п. от навала судна при подходе к сооружению.

Б.2 Изгибающие моменты в поперечном сечении лицевых элементов вычисляют для двух случаев:

- при навале судна на шапочную балку;
- при навале судна на лицевой элемент на уровне анкера (для заанкерованных элементов) или на уровне борта (привального бруса) расчетного судна при минимальном навигационном уровне воды (для безанкерных шпунтовых стен).

Кроме того, в лицевых элементах таврового сечения вычисляют изгибающие моменты в продольном сечении в месте примыкания полки к ребру.

Примечания

1 Рекомендации по расчету, в том числе с помощью номограмм, приведены в [1], [2].

2 Значение изгибающего момента M в шапочной балке (при растяжении лицевой или тыловой грани) от навала судна при подходе к сооружению для набережных из стального шпунта, а также собираемых из железобетонных лицевых элементов шириной не более 3 м допускается вычислять по формуле

$$M = \pm 0{,}15 F_q x, \qquad (Б.1)$$

где F_q — поперечная горизонтальная нагрузка от навала судна при подходе к сооружению, определяемая по приложению А;

x — расстояние от нагрузки F_q до сечения, в котором определяют M, но не более 3 м.

Изгибающие моменты в поперечном сечении лицевых заанкерованных элементов допускается не учитывать:

а) от навала судна на шапочную балку:

- для набережных уголкового профиля высотой $H \geq 12$ м,
- шпунтовых набережных высотой $H \geq 6$ м с отбойными устройствами на амортизаторах из автопокрышек диаметром $d \geq 1$ м при расчетном судне водоизмещением D не более 2000 т,
- шпунтовых набережных высотой $H \geq 9$ м;

б) от навала судна на лицевой элемент для набережных:

- любой высоты с отбойными устройствами на амортизаторах из сдвоенных автопокрышек диаметром $d \geq 1$ м при расчетном судне водоизмещением D не более 2000 т,
- высотой $H \geq 9$ м с консолями высотой $h_k \geq 0{,}3H$ (если $h_k \geq 3$ м) и отбойными устройствами на амортизаторах из одинарных автопокрышек диаметром $d \geq 1$ м при расчетном судне водоизмещением D не более 2000 т,
- высотой $H \geq 9$ м с консолями высотой $h_k \geq 0{,}3H$ (если $h_k \geq 3$ м) и отбойными устройствами на амортизаторах из сдвоенных автопокрышек диаметром $d \geq 1$ м при расчетном судне водоизмещением $D \leq 6000$ т;
- любой высоты при выполнении условия

$$F_{qn} \leq R_a b, \qquad (Б.2)$$

где F_{qn} — поперечная горизонтальная нагрузка от навала судна при подходе к сооружению, определяемая по приложению А;

R_a — горизонтальная составляющая максимального усилия в анкере на единицу длины сооружения, определяемая в соответствии с указаниями по расчету отдельных видов набережных;

b — расстояние между тумбами.

Приложение В
(рекомендуемое)

Определение усилий от ледовых нагрузок

В.1 Изгибающие моменты в шапочной балке от движущегося или остановившегося ледяного поля следует определять исходя из ее расчета как балки на упругом основании (с коэффициентом постели K = 15 МН/м^3) с распределенной равномерно нагрузкой q_{is}

$$q_{is} = F_w / b, \tag{В.1}$$

где F_w — сила от воздействия ледяных полей, МН, нормативное значение которой определяют в соответствии с требованиями СП 38.13330 с учетом указаний приложения Г;

b — протяженность погонной нагрузки q_{is}, принимаемая в соответствии с требованиями СП 38.13330, а также Г.3.

Нагрузка q_{is} прикладывается к сооружению на 0,25 h_t ниже расчетного уровня воды, где h_t — толщина ледяного поля.

В.2 Изгибающие моменты в заанкерованных лицевых элементах от ледяных полей допускается не учитывать, если выполнены следующие условия:

при $y_q \le h_k$

$$q_{is} \le R_a \frac{y_q - 0{,}5h_2}{h_k - 0{,}5h_2}, \tag{В.2}$$

при $y_q > h_k$

$$q_{is} \le R_a \frac{h_k}{y_q}, \tag{В.3}$$

где y_q — расстояние от верха сооружения до нагрузки q_{is}, принимаемое не менее 0,5h_2;

h_2 — высота шапочной балки;

R_a — горизонтальная составляющая максимального усилия в анкере на единицу длины сооружения, определяемая в соответствии с указаниями по расчету отдельных видов набережных;

h_k — высота консольной части лицевого элемента.

Примечание — Рекомендации по расчету, в том числе с помощью номограмм, приведены в [1], [2].

В.3 Усилия в лицевых элементах от примерзшего ледяного покрова не определяют, если изменение уровня воды менее 0,8h_t.

Приложение Г
(рекомендуемое)

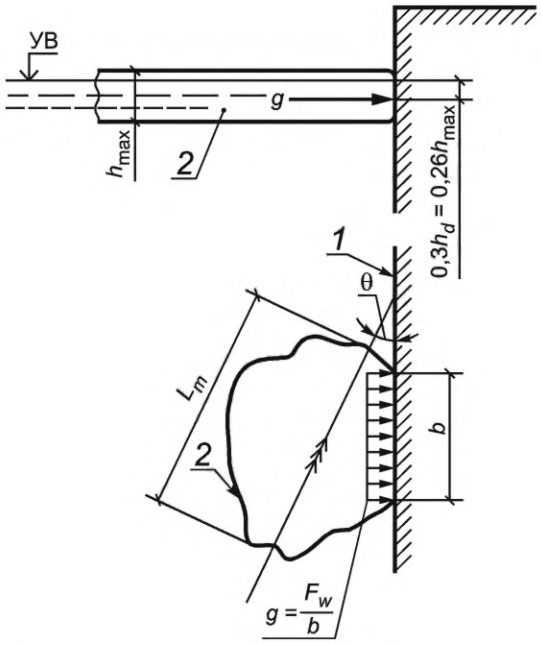
Определение ледовых нагрузок

Г.1 В настоящем приложении приведены рекомендации по определению ледовых нагрузок и усилий в шапочной балке и сборных железобетонных лицевых элементах таврового и прямоугольного сечений (шпунтовых набережных, набережных уголкового профиля, надстроек и т. п.) от ледяных полей, от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении и от примерзшего к сооружению ледового покрова при изменении уровня воды.

Г.2 Нагрузки от льда определяют в соответствии с указаниями СП 38.13330, а также по Г.3—Г.8. Следует учитывать уточняющие отдельные положения СП 38.13330.

Примечание — При расчете набережных необходимо учитывать следующие ледовые нагрузки:
- ледяных полей;
- сплошного ледяного покрова при его температурном расширении;
- примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды.

Г.3 Силу от воздействия движущегося ледяного поля F_w на сооружение с вертикальной гранью (см. схему на рисунке Г.1) определяют по формуле



1 — набережная; *2* — ледяное поле (стрелкой указано направление движения)

Рисунок Г.1 — Схема к определению нагрузки от ледяных полей

$$F_w = 0,007vh_d\sqrt{AR_c}\sin\theta, \quad (Г.1)$$

где v — скорость движения ледяного поля, м/с, определяем по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии принимаемая:
- для рек — равной скорости течения воды,
- водохранилищ — 3 % от значения скорости ветра 1 % обеспеченности в период движения льда;

h_d — расчетная толщина льда, принимаемая равной $0,8h_{max}$,

h_{max} — расчетная максимальная толщина льда обеспеченностью 1 %,

A — площадь ледового поля, м^2, определенная по данным натурных наблюдений в данном или смежном пунктах;

R_c — нормативное сопротивление льда сжатию, МПа;

θ — угол между направлением движения льда и фронтом сооружения.

При этом F_w не может быть больше $F_{w\,max}$, вычисляемой по формуле

$$F_{w\,max} = 0{,}5R_c b h_d, \quad (Г.2)$$

где b — ширина сооружения или его секции, но не больше

$$b_{is} = 2\sqrt{x_{is}L_m}, \quad (Г.3)$$

где x_{is} — глубина зоны разрушения льда, вычисляемая по формуле

$$x_{is} = 0{,}1v\sqrt{\frac{A}{R_c}}, \quad (Г.4)$$

L_m — средняя длина ледяного поля, м, по направлению потока, определяемая по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии принимаемая равной утроенной ширине реки.

Нагрузку от силы F_w распределяют равномерно на длине b и прикладывают на глубине $0{,}3h_d$ ниже расчетного уровня воды.

Примечания

1 Для пресноводного льда R_c равно 0,45; 0,75 и 1,2 МПа соответственно при среднесуточной температуре воздуха t_a, равной 0 °С, –3 °С и –15 °С, за 3 сут до действия льда при $h_d \le 0{,}5$ м и за 6 сут — при $h_d > 0{,}5$ м.

2 Частным случаем формулы (Г.1), соответствующим $\theta = 0$, является формула (1.19) СП 38.13330.2018.

Г.4 Для сооружений со сплошной лицевой поверхностью нагрузки от примерзшего ледяного покрова при изменении уровня воды допускается учитывать только в особо суровых природно-климатических условиях при специальном обосновании.

Момент силы, воспринимаемый сооружением от примерзшего ледяного покрова при повышении или понижении уровня воды, допускается определять только в том случае, когда изменение уровня воды превосходит $0{,}8h_{max}$, где h_{max} — максимальная толщина льда 1 % обеспеченности, и минимальное время t_{cal}, в течение которого уровень воды изменится на $h_{max,}$ приведены в таблице Г.1.

Таблица Г.1 — Максимальная толщина льда 1 % обеспеченности h_{max} и минимальное время t_{cal}, в течение которого уровень воды изменится на величину h_{max}

Река	Пункт	h_{max}, м	t_{cal}, ч
Обь	г. Салехард	1,2	90
	г. Октябрьское (Серегино)	1,13	70
Надым	г. Надым	1,5	120
Нюдя-Монгот-Епоко (Обская губа)	пос. Ямбург	2,3	—
Колыма	г. Среднеколымск	1,75	50
Енисей	г. Дудинка	1,8	70
Лена	г. Усть-Кут	1	7
	г. Якутск	1,25	50
Амур	г. Николаевск	1	250

Примечание — Как правило, при проектировании набережных для расчета в соответствии с требованиями СП 38.13330 не удается получить своевременно всю требуемую и при этом достаточно достоверную информацию. Даже такой доступный параметр, как время t_{cal} изменения уровня воды на величину, равную толщине льда, может быть определен по гидрографам с точностью до нескольких сотен процентов и потребовать значительного количества времени. При отсутствии указанной выше информации допускается пользоваться упрощенным способом определения нагрузки от примерзшего льда, исходящего из возможности достижения предельной прочности льда. При этом исходя из пластической схемы работы льда принимают предельную эпюру нормальных напряжений в вертикальном сечении льдины, состоящую из двух прямоугольных участков: один соответствует предельным растягивающим напряжениям, а другой — сжимающим. При повышении уровня воды учитываемую температуру льда r_i принимают равной 0 °С.

Нормативный момент силы M_n определяют по формуле

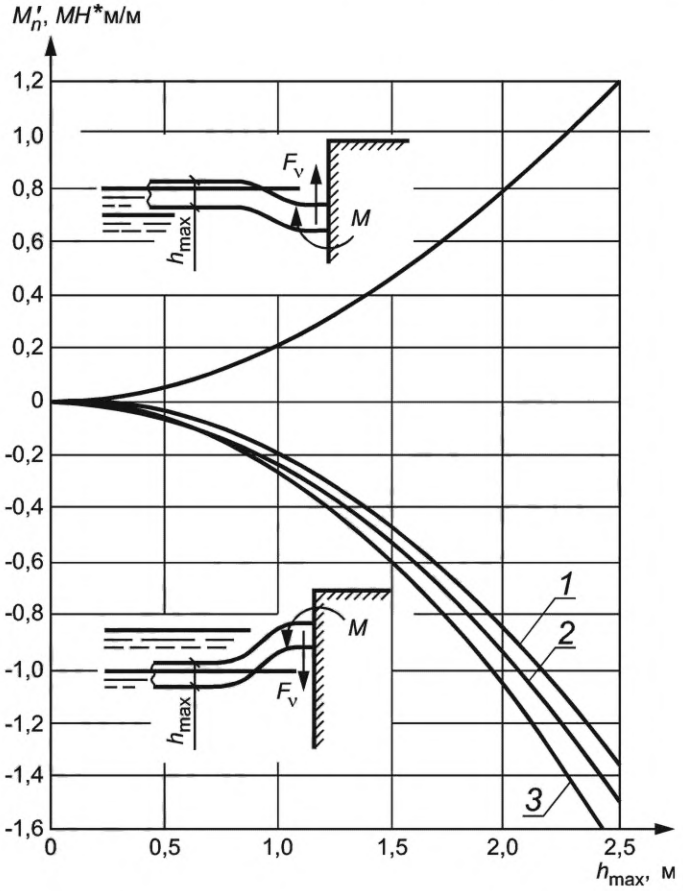
$$M_n = M_n' \eta_{is}, \quad (Г.5)$$

где M_n' — момент силы без учета релаксации напряжений, определяемый по графику на рисунке Г.2; верхняя часть графика относится к случаю повышения уровня воды, нижняя — к случаю понижения уровня;

η_{is} — коэффициент, учитывающий уменьшение момента за счет релаксации напряжений и вычисляемый по формуле

$$\eta_{is} = e^{-0,01 t_{cal}}, \quad (Г.6)$$

t_{cal} — время, ч, в течение которого уровень воды изменится на величину, равную толщине льда.



1 — при температуре $r_i \geq -2$ °С; *2* — при температуре -2 °С $> r_i \geq 10$ °С; *3* — при температуре —10 °С $> r_i \geq 20$ °С

Рисунок Г.2 — Значения максимального нормативного изгибающего момента M_n' от примерзшего ледяного покрова (без учета релаксации напряжений)

Значение η_{is} изменяется от 0 до 1, но практически не превышает 0,6 (при t_{cal} = 50 ч). Согласно многолетним наблюдениям эта величина для ряда характерных объектов была не менее приведенных в таблице Г.1, поэтому при отсутствии данных о времени t_{cal} допускается принимать η_{is} = 0,5.

Библиография

[1] Проектирование причальных набережных. Пособие к СН-РФ 54.1-85/ Гипроречтранс. — М. 1991, книги 1—7

[2] Даревский В.Э., Романов А.М. Проектирование сооружений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов (набережные, берегоукрепления, подпорные стены, защита от оползней и пр.)/Гипроречтранс. — М.: ООО «Издательство Мастер», 2011. — 596 с.

УДК 627.09:627.3:656.62:006.354 ОКС 47.060

Ключевые слова: тонкостенные набережные, подпорные стены, расчеты, исходные данные

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 17.11.2023. Подписано в печать 28.11.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,23.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru