ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА РЕЧНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

СН 76-59

МОСКВА — 1960

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА РЕЧНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

СН 76-59

Утверждены
Государственным комитетом
Совета Министров СССР
по делам строительства
12 декабря 1959 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Москва — 1960

Редактор. — канд. техн. наук Е. И. Дышко

«Технические условия определения ледовых нагрузок на речные сооружения» содержат указания по определению ледовых нагрузок на речные гидротехнические сооружения и речные конструкции мостов.

С введением в действие с 1 апреля 1960 г. настоящих технических условий отменяется ГОСТ 3440-46 «Нагрузки на гидротехнические сооружения. Нагрузки ледовые».

«Технические условия определения ледовых нагрузок на речные сооружения» разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники (ВНИИГ) имени Б. Е. Веденеева Министерства строительства электростанций при участии Транспортно-энергетического института Сибирского отделения АН СССР и Всесоюзного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института (Гидропроект) имени С. Я. Жук Министерства строительства электростанций.

При разработке технических условий учтены материалы ЦНИИС Минтрансстроя, труды МИИТ и др.

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	Строительные нормы Технические условия определения ледовых нагрузок на речные сооружения	СН 76-59 Взамен ГОСТ 3440-46

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящими техническими условиями следует руководствоваться при определении ледовых нагрузок на речные гидротехнические сооружения и мосты.

Примечание. При проектировании гидротехнических сооружений I класса и больших мостов в сложных ледовых условиях ледовые нагрузки, определенные согласно настоящим техническим условиям, рекомендуется уточнять на основе возможно более длительных натурных наблюдений.

2. При проектировании речных гидротехнических сооружений и мостов следует учитывать следующие ледовые нагрузки и воздействия на сооружения:

А. Динамическое давление льда (при ударе свободно плывущих льдин);

Б. Динамическое давление заторных масс льда;

В. Статическое давление сплошного ледяного покрова при его термическом расширении;

Г. Статическое давление свободно плавающего ледяного поля при навале (под влиянием ветра или течения);

Д. Воздействие примерзшего к сооружению ледяного покрова (при колебании уровня воды);

Е. Истирающее воздействие льдин на поверхность сооружения (при движении льдин под влиянием ветра, течения или колебания уровня воды).

Внесены Министерством строительства электростанций	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 12 декабря 1959 г.	Срок введения 1 апреля 1960 г.

Примечания. 1. Ледовые нагрузки и воздействия не учитываются, если в проекте на основе технико-экономических расчетов предусмотрены специальные эффективные меры для предотвращения ледовых воздействий и давления льда на сооружения.

2. Настоящими техническими условиями предусматриваются условия давления чистого льда без каких-либо посторонних включений.

3. Настоящими техническими условиями определяются нормативные пределы прочности и величины давления льда.

Коэффициент перегрузки n для ледовой нагрузки принимается по техническим условиям на соответствующие сооружения.

4. При расчетах конструкций гидротехнических сооружений по методу разрушающих усилий расчетная ледовая нагрузка принимается равной нормативной.

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ

А. ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ ЛЬДА

Опоры (быки) сооружений с вертикальными гранями

3. Давление льда H в $т$ на опору в направлении вдоль ее оси определяется по формуле

$$H = m R_p B h, \qquad (1)$$

где h — толщина льда в $м$, принимаемая равной 0,8 от наибольшей за зимний период толщины 1% обеспеченности;

B — ширина опоры в $м$ на уровне ледохода;

m — коэффициент формы опоры, принимаемый равным:

а) для полуциркульного очертания ледореза — 0,9;

б) для треугольной формы ледореза независимо от величины радиуса закругления его носовой части, в зависимости от угла 2α заострения ледореза в плане — по табл. 1;

Таблица 1

2α	45°	60°	75°	90°	120°
m	0,6	0,65	0,69	0,73	0,81

R_p — предел прочности льда при раздроблении (с учетом явления местного смятия льда), принимаемый равным (при отсутствии экспериментальных данных) на уровне начальной стадии ледохода 75 $т/м^2$.

При наивысшем уровне ледохода $R_р$ принимается равным 45 *т/м²*.

Примечание. Все значения пределов прочности льда, приводимые в настоящих технических условиях, должны приниматься увеличенными в 2 раза для рек, вскрывающихся при отрицательных температурах воздуха, а также для рек, расположенных севернее линии, соединяющей города: Петрозаводск, Киров, Петропавловск, Новосибирск, Улан-Удэ, Биробиджан, Магадан.

Опоры (быки) сооружений с наклонным ледорезом

4. При определении давления льда на опору в направлении вдоль ее оси:

а) вертикальная составляющая давления V в *т* определяется по формуле

$$V = R_{из} h^2; \qquad (2)$$

б) горизонтальная составляющая давления H в *т* определяется по формуле

$$H = R_{из} h^2 \operatorname{tg}\beta, \qquad (3)$$

где β — угол наклона режущего ребра к горизонту;

$R_{из}$ — предел прочности льда при изгибе в *т/м²*, принимаемый равным $0{,}7 R_р$.

Примечание. При $\beta > 82°$ давление льда определяется по формуле (1).

5. При несовпадении направления движения льдин с осью опоры давление льда на вертикальные грани опоры от удара одиночных льдин определяется по формулам (4) и (5) п. 6.

Вертикальные стенки

6. Давление льда H в *т* на вертикальные стенки на реках (или на водохранилищах) при ударе одиночных льдин:

а) при направлении их движения, близком к нормали к фронту сооружения ($\varphi = 80 - 90°$), определяется по формуле

$$H = kvh\sqrt{\omega}; \qquad (4)$$

б) при направлении движения льдины под углом к фронту сооружения $\varphi < 80°$ нормальная составляющая

давления определяется по формуле

$$H_н = cvh^2 \sqrt{\frac{\Omega}{\mu\Omega + \lambda h^2}} \sin\varphi, \qquad (5)$$

где v — скорость движения льдины в *м/сек*, принимаемая:
для рек и проточных водоемов — равной скорости течения;
для больших водохранилищ — равной скорости ветрового нагона льда, определяемой на основе анализа гидрометеорологической обстановки с учетом конфигурации водохранилища, но не более 0,6 *м/сек;*

Ω — площадь льдины в $м^2$, принимаемая по данным полевых наблюдений или по аналогии с другими объектами;

k, c, λ — коэффициенты, принимаемые в зависимости от значения предела прочности льда при раздроблении $R'_р$ по табл. 2; значение $R'_р$ по табл. 2 принимается в соответствии с указанными в п. 3 разными стадиями ледохода и климатическими районами;

μ — коэффициент, принимаемый в зависимости от значения угла φ по табл. 3.

Таблица 2

$R'_р$ *т/м²*	k	c	λ
50	3	68	500
30	2,36	68	833
100	4,3	96	500
60	3,3	96	833

Таблица 3

φ	20°	30°	45°	55°	60°	65°	70°	75°
μ	6,7	2,25	0,5	0,16	0,08	0,04	0,009	0,005

7. При ударе льдины, который воспринимается всем сооружением, предельные расчетные значения напряже-

ний в плоскости контакта между льдиной и сооружением не должны приниматься более значения предела прочности льда $R'_р$ (по табл. 2).

Откосы (наклонные плоскости)

8. Вертикальная составляющая давления льда $q_{из}$ в *т/м* при ударе ледяного поля об откос его кромкой определяется по формуле

$$q_{из} = R_{из} \lambda' h^2, \qquad (6)$$

где λ' — коэффициент, принимаемый в зависимости от толщины льда по табл. 4;

$R_{из}$ — принимается по п. 4.

Таблица 4

$h_м$	0,4	0,5	0,6–0,7	0,8–0,9	1–1,3
λ'	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04

9. Величина нормального к откосу давления N в *т/м* определяется по формуле

$$N = \frac{q_{из}}{\cos \beta}; \qquad (7)$$

горизонтальная составляющая давления H в *т/м* определяется по формуле

$$H = q_{из} \operatorname{tg} \beta, \qquad (8)$$

где β — угол наклона откоса к горизонту.

Б. ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ ЗАТОРНЫХ МАСС ЛЬДА

10. Величина динамического давления заторных масс льда на опоры сооружений оценивается на основе анализа ледовой обстановки для данного объекта.

В. СТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ СПЛОШНОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПРИ ЕГО ТЕРМИЧЕСКОМ РАСШИРЕНИИ

11. Статическое давление $P_т$ в *т/м²* ледяного покрова вследствие его термического расширения на единицу пло-

щади соприкасания льда с сооружением определяется:

а) при протяженности ледяного покрова L менее 50 *м* между сооружением и противоположным ему упором покрова (по нормали к сооружению) — по формуле (9)

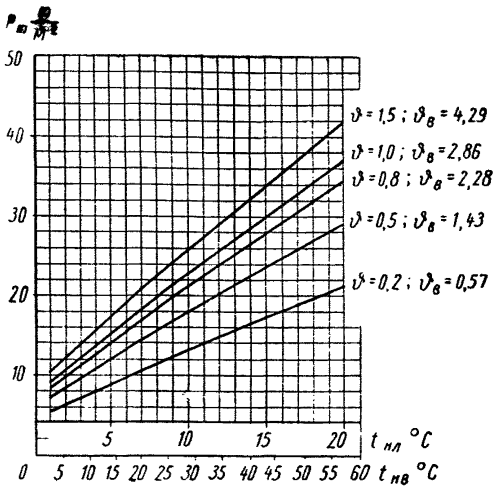

Рис. 1. График зависимости статического давления льда от температуры и градиента температуры льда

ϑ — градиент температуры льда; $\vartheta_в$ — градиент температуры воздуха

$$P_m = 3,1 \frac{(t_{н.л}+1)^{1,67}}{t_{н.л}^{0,88}} \vartheta^{0,33} \qquad (9)$$

или по рис. 1,

где $t_{нл}$ — начальная температура льда в град., средняя по его толщине, от которой начинается ее повышение, принимаемая равной

$$t_{н.л} = 0,35\, t_{н.в} \qquad (10)$$

($t_{н.в}$ — температура воздуха в град. в начальный момент ее повышения);

ϑ — градиент температуры льда во времени в *град/час*, средний по его толщине, принимаемый равным

$$\vartheta = \frac{\Delta t_л}{S} = \frac{0{,}35\,\Delta t_в}{S}, \qquad (11)$$

где $\Delta t_л$ — величина повышения средней по толщине льда температуры в град. за период времени S в час, в течение которого наблюдается повышение;

$\Delta t_в$ — величина повышения температуры воздуха в град. за тот же период времени S.

Примечание. При срочных наблюдениях, производимых 4 раза в сутки, величина $\Delta t_в$ принимается наибольшей за 6 часов суток срочных наблюдений.

б) при протяженности ледяного покрова L, равном 50 *м* и более, величина давления определяется умножением вычисленной по формуле (9) величины $P_т$ на коэффициент ψ, принимаемый в зависимости от значения L по табл. 5;

Таблица 5

$L_м$	От 50 до 75	От 75 до 100	От 100 до 150	150 и более
ψ	0,9	0,8	0,7	0,6

в) при наличии слоя снега на льду величина давления $P_т$ определяется по формуле (9) с умножением значений $t_{н.л}$ и ϑ на коэффициент r, равный

$$r = \frac{h}{h + h_c \frac{\lambda}{\lambda_c}}, \qquad (12)$$

где h_c — наименьшая толщина снежного покрова в *м*, соответствующая периоду с наибольшими значениями давления льда и определяемая по непосредственным наблюдениям на ледяном покрове данного участка реки; при отсутствии данных наблюдений снежный покров не учитывается;

h — толщина ледяного покрова в *м*, принимаемая равной максимальной толщине льда 1% обеспеченности;

λ_c — коэффициент теплопроводности снега — 0,22 *ккал/м град час;*

λ — коэффициент теплопроводности льда — 2 *ккал/м град час.*

Примечание. Учет снежного покрова производится на стадии технического проекта или рабочих чертежей.

12. При выборе расчетного значения статического давления льда строится кривая обеспеченности давления льда для наиболее сурового за многолетний период года по данным вычисленных давлений на каждый день морозного периода по формуле (9) и принимается величина, соответствующая 1% обеспеченности.

В приложении приводятся расчетные значения давления льда 1% обеспеченности, вычисленные (с округлениями) для 10 пунктов, расположенных в различных физико-географических условиях на территории СССР.

13. Воздействие на сооружение сплошного ледяного покрова при термическом его сжатии определяется специальными исследованиями.

Г. СТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ СВОБОДНО ПЛАВАЮЩЕГО ЛЕДЯНОГО ПОЛЯ ПРИ НАВАЛЕ

14. Давление от навала свободно плавающего ледяного поля P в *кг*, действующее на сооружение в горизон-

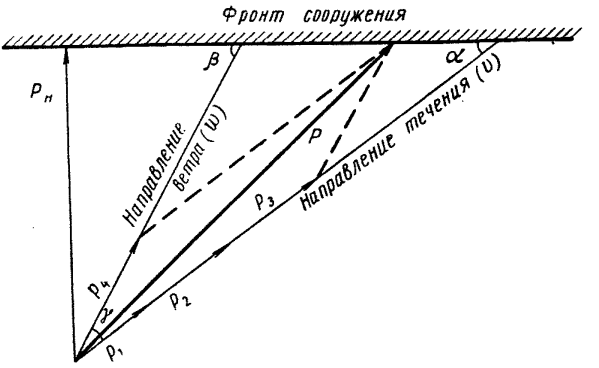

Рис. 2. Схема сил, действующих на сооружение при навале ледяного поля.

тальной плоскости вследствие течения воды и ветра (рис. 2), определяется по формуле

$$P = \omega \sqrt{(p_1 + p_2 + p_3)^2 + p_4^2 + 2(p_1 + p_2 + p_3) p_4 \cos\gamma}; \quad (13)$$

составляющая давления P, действующая в горизонтальной плоскости перпендикулярно фронту сооружения, — $P_н$ в *кг* — определяется по формуле

$$P_н = \omega [(p_1 + p_2 + p_3) \sin\alpha + p_4 \sin\beta], \quad (14)$$

где p_1 — сила, вызываемая трением потока о нижнюю поверхность ледяного поля, отнесенная к единице площади данной поверхности, в *кг/м²*;

p_2 — сила гидродинамического давления, оказываемого потоком на кромку ледяного поля, отнесенная к единице площади его поверхности, в *кг/м²*;

p_3 — горизонтальная составляющая силы, которой подвержено свободно плавающее ледяное поле при наличии уклона свободной поверхности потока, отнесенная к единице площади ледяного поля, в *кг/м²*;

p_4 — сила, вызываемая трением воздуха о наружную поверхность ледяного поля, отнесенная к единице площади данной поверхности, в *кг/м²*;

α — угол между фронтом сооружения и направлением потока;

β — угол между фронтом сооружения и направлением ветра;

γ — угол между направлением потока и направлением ветра; за расчетное направление ветра принимается направление, соответствующее максимальному значению силы ветра в период навала (предледоходный и ледоходный периоды), которое выбирается из числа наблюденных его значений в пределах значений угла β при

$$45° < \beta < 135°;$$

ω — площадь ледяного поля в *м²*.

Величины p_1, p_2, p_3, p_4 в *кг/м²* принимаются равными:

$$p_1 = 0{,}5\, v^2; \quad (15)$$

$$p_2 = 50 \frac{h}{L} v^2; \quad (16)$$

$$p_3 = 920\, hi; \quad (17)$$

$$p_4 = (0{,}001 \div 0{,}002)\, w^2. \quad (18)$$

где v — скорость течения воды под льдом в *м/сек* 1% обеспеченности из максимальных средних значений, наблюденных в период навалов;

w — максимальная скорость ветра в *м/сек* 1% обеспеченности в период навалов из числа наблюденных при $45° < \beta < 135°$;

h — толщина ледяного поля в *м*, принимаемая согласно указаниям п. 3;

L — средняя длина ледяного поля в *м* по направлению потока;

i — пьезометрический уклон потока.

При $\gamma = 0$

$$P = (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)\,\omega. \tag{19}$$

Для водоемов при $v < 0{,}1$ *м/сек* допускается принимать:

$$p_1 = p_2 = p_3 = 0,$$

тогда

$$P = p_4\,\omega; \tag{20}$$

$$P_н = p_4\,\omega \sin\beta. \tag{21}$$

Примечания. 1. Значение коэффициента 0,002 в формуле (18) следует принимать при сильно торосистой поверхности ледяного поля.

2. Длину ледяного поля L следует принимать по имеющимся фактическим данным, но не более трехкратной ширины реки.

Д. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРИМЕРЗШЕГО К СООРУЖЕНИЮ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

15. Вертикальная сила $P_в$ в *т*, которая передается примерзшим отдельно стоящим сваям и свайным кустам ледяным покровом при повышении уровня воды под ним, определяется по формуле

$$P_в = \frac{300h^2}{\ln\frac{50h}{d}}, \tag{22}$$

где h — толщина ледяного покрова в *м*, принимаемая равной максимальной толщине льда 1% обеспеченности;

d — диаметр сваи или свайного куста в *м*; при прямоугольной форме куста со сторонами a и b величина d принимается равной $\sqrt{ab}$.

Примечания. 1. Формула (22) применима при наличии в акватории сплошного ледяного покрова.

2. Отдельно стоящими сваями и свайными кустами считаются те, вокруг которых сплошной ледяной покров простирается в радиусе не менее $20h$.

3. Расстояния между отдельными сваями в свайном кусте до 1 *м* не влияют на расчет величины $P_в$ для свайного куста.

16. Определение нагрузок, возникающих при изменении уровня воды, от действия примерзшего льда к вертикальным стенкам и плитам крепления откосов производится по техническим условиям на проектирование соответствующих сооружений.

Е. ИСТИРАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЬДИН НА ПОВЕРХНОСТЬ СООРУЖЕНИЯ

17. Учет истирающего воздействия льдин на поверхность сооружения при движении льдин под влиянием ветра, течения или колебания уровня воды предусматривается в проектах при надлежащем технико-экономическом обосновании разработкой специальных мер защиты поверхности сооружений (создание гладкой поверхности, повышение стойкости поверхностного слоя бетона, устройство облицовки и т. п.).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица расчетных значений статического давления льда от термического расширения 1% обеспеченности (для 10 географических пунктов).

Пункт	Давление льда в $т/м^2$
Ленинград	20
Горький	18
Свердловск	20
Красноярск	18
Якутск	30
Владивосток	17
Ростов-на-Дону	19
Тбилиси	15
Ташкент	18
Отар (Казахстан)	20

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общие положения	3
II. Определение ледовых нагрузок и воздействий	4
А. Динамическое давление льда	—
Б. Динамическое давление заторных масс льда	7
В. Статическое давление сплошного ледяного покрова при его термическом расширении	—
Г. Статическое давление свободно плавающего ледяного поля при навале	10
Д. Воздействие примерзшего к сооружению ледяного покрова	12
Е. Истирающее воздействие льдин на поверхность сооружения	13
Приложение. Таблица расчетных значений статического давления льда от термического расширения 1% обеспеченности (для 10 географических пунктов)	14

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *В. В. Петрова*
Технические редакторы *Н. И. Рудакова, Г. Д. Наумова*
Корректор *И. В. Бошнякович*

Сдано в набор 20/I-1960 г. Подписано к печати 7/III-1960 г.
Т-03431 Бумага 84x108$^{1}/_{32}$ 0,25 бум. л—0,82 печ. л. (0,8 уч.-изд. л.)
Тираж 3.500 экз. Изд. № VI-4983 Зак. № 120 Цена 40 коп.

Типография № 2 Госстройиздата, Старопанский пер., д. 3

gost.e-ecolog.ru