









Российская Федерация

НИИ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ЦНИИС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК В ВОДОХРАНИЛИЩАХ НА ОПОРЫ МОСТОВ

Москва • 1998

gost.e-ecolog.ru

Российская Федерация

ОАО Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС)

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор **ОАО ЦНИИС**

А.П. Сычев
«30» июня 1998 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК В ВОДОХРАНИЛИЩАХ НА ОПОРЫ МОСТОВ

Разработаны в НИЦ «Мосты» ЦНИИС

Директор ***А.С.Платонов***

Зав.лабораторией опор мостов **Э.А.Балючик**

Москва, 1998 г.

УДК 627.042.8 (083.74)

© Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» ЦНИИС 1998 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСХОДНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКЕ ВОДОХРАНИЛИЩА	5
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА	6
3. ХАРАКТЕРНЫЕ УРОВНИ ВОДОХРАНИЛИЩА	8
4. РАСЧЕТНЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ	8
5. ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЬДА СЖАТИЮ, ИЗГИБУ, СМЯТИЮ И СРЕЗУ	8
6. НАГРУЗКИ ОТ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ НА ОПОРЫ	10
7. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОПОР, ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ	21
8. СПИСОК НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	24

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания разработаны в развитие требований СНиП 2.05.03-84* (Приложение № 10) в части нормирования воздействий ледовых нагрузок водохранилищ на опоры мостов.

Ледовая обстановка водохранилищ имеет специфические особенности по сравнению с ледовой обстановкой рек, что в недостаточной мере отражено в действующих нормативных документах.

Этот пробел восполнен на основе исследований ОАО ЦНИИС и других организаций.

При разработке методических указаний учтены дополнительно требования нормативных документов:

- СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика;
- СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от ударов), 1995 г.;
- Методические указания по определению ледовых нагрузок на опоры мостов (ОАО ЦНИИС).

Учитывался также опыт проектных и производственных организаций по проектированию и строительству мостовых сооружений через большие водохранилища со сложной ледовой обстановкой, а также опыт эксплуатации.

Авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания при разработке методических указаний.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСХОДНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКЕ

1.1. Разработке проектов мостовых переходов через водохранилища должны предшествовать подготовительные работы и изыскания по ледовой обстановке.

1.2. Подготовительные работы включают сбор и изучение материалов о гидрогеологических, климатических, сейсмических и ледовых особенностях водохранилища для обоснования программы изысканий.

1.3. Изыскания по ледовой обстановке должны включать:

- характерные уровни водохранилища;
- геометрические параметры ледовых образований, направления и скорость их перемещения;
- направления и скорость ветра на момент воздействия ледовых нагрузок;
- прочностные характеристики льда сжатию, изгибу, смятию и срезу;
- ледотермический режим водохранилища;
- варианты расположения мостового перехода и конструкций опор;
- наличие судоходства в зимний период и пути судоходства.

1.4. В соответствии с требованиями п.1 приложения 10 в СНиП 2.05.03-84*. «Мосты и трубы», нагрузку от льда на опоры мостов следует определять на основе данных по ледовой обстановке водохранилища для периода с максимальными ледовыми воздействиями. Период сбора данных натурных наблюдений должен быть не менее 5 лет.

1.5. Наиболее неблагоприятной ситуацией является остановка опорами ледяного поля, перемещающегося под действием ветра (и течения воды, если оно имеется в водохранилище) и подъема уровня в период первой подвижки льда, которая характеризуется небольшими перемещениями ледяного покрова непосредственно перед вскрытием водохранилища.

1.6. В последующих расчетных рекомендациях все физико-механические характеристики льда принимаются осредненными по толщине.

1.7. Требования по учету косого направления воздействия ледовых полей на опоры мостов справедливы при угле между продольной осью опоры (поперек моста) и вектором силы более 10^0.

1.8. Размерности величин в расчетных формулах:

- линейные размеры, м;
- прочностные характеристики, Мпа (1Мпа $\cong$ 100 тс/м^2);

• нагрузки, МН (1МН ≅ 100 тс).

1.9. Предпочтительны следующие периоды сбора информации по ледовой обстановке:

- толщина льда - 15 лет;
- характерные уровни водохранилища - 20 лет;
- скорость и направление ветра - 25 лет.

Достаточно достоверными (при меньших периодах сбора информации) признаются данные, если

$$\varepsilon_\chi = \frac{\sigma_\chi}{\chi\sqrt{N}} \le 0{,}1 \ ,$$

где σ_χ - среднее квадратическое отклонение от средней величины $\bar{\chi}$ рассматриваемого параметра;

N - период наблюдений в годах;

$$\sigma_\chi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\chi_i - \bar{\chi})^2}{N-1}} \ ;$$

χ_i - величина рассматриваемого параметра в i году;

$\bar{\chi} = \sum_{i=1}^{N} \chi_i / N$ - средняя арифметическая.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА

2.1. Толщину льда расчетной вероятности $\rho_л$ определяют по формуле

$$h = \bar{h}_л + \Phi_{\rho\%}\sigma_л \ ,$$

где $\bar{h}_л$ - средняя из ежегодных максимумов толщина льда;

$\sigma_л$ - среднеквадратическое отклонение ежегодных максимумов толщин льда от $\bar{h}_л$;

$\Phi_{\rho\%}$ - отклонение ординаты кривой вероятности Пирсона III типа от середины для расчетной вероятности толщины льда $\rho_л$ и коэффициента C_S - асимметрии ежегодных максимумов толщин льда (табл.1).

$$C_S = \frac{N\sum_{i=1}^{N}(h_{л_i} - \bar{h}_л)^3}{\sigma_л^3 (N-1)\cdot(N-2)}$$

$\rho_л$ = 1% при $C_S \ge 0{,}5$ и 2 % при $C_S < 0{,}5$

Таблица 1

Отклонение ординат кривой вероятностей Пирсона III типа от середины $Ф_{р\%}$ (по Фостеру-Рыбкину)

C_s	Вероятности, $P_п\%$	
	1	2
3,0	4,02	3,16
2,75	3,93	3,11
2,50	3,83	3,04
2,25	3,72	3,98
2,00	3,60	2,89
1,75	3,47	2,80
1,50	3,33	2,71
1,25	3,18	2,62
1,00	3,02	2,53
0,90	2,96	2,48
0,80	2,89	2,43
0,70	2,82	2,37
0,60	2,75	2,34
0,50	2,68	2,30
0,40	2,61	2,25
0,30	2,54	2,20
0,20	2,47	2,15
0,10	2,40	2,10
0,00	2,33	2,04
-0,2	2,18	1,92
-0,4	2,03	1,82
-0,6	1,88	1,72
-0,8	1,74	1,60
-1,0	1,59	1,50

2.2. Расчетная толщина льда принимается по формуле

$$h_p = \lambda \cdot h ,$$

где λ = 0,8 при h определенном в водохранилище

λ = 1,2, если h определена для ближайшей реки.

3. ХАРАКТЕРНЫЕ УРОВНИ ВОДОХРАНИЛИЩА

3.1. При расчете нагрузок от ледяных полей на опоры рассматриваются два характерных уровня водохранилища:

- *максимальный расчетный уровень;*
- уровень, соответствующий первой подвижке льда.

Оба уровня принимаются наивысшими из наблюдаемых за 20 лет или меньший период - при условиях п.1.9.

3.2. Уровень водохранилища определяет высотное положение равнодействующей ледовой нагрузки на опоры моста, которую следует прикладывать в точке, расположенной ниже расчетного уровня воды на 0,3 h_p, где по п. 2.2. h_p - расчетная толщина льда.

4. РАСЧЕТНЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ

4.1. Скорость движения ледяных полей определяется по натурным наблюдениям (с учетом возможного в водохранилище течения воды и действия ветра). При отсутствии натурных наблюдений скорость движения ледяных полей принимается по п. 4.2.

4.2. Скорость движения ледяных полей водохранилищ:

$$V = 0{,}03\ V_w ,$$

где V_w - расчетная скорость ветра 1% обеспеченности в период действия ледовой нагрузки (от ранней даты начала первой подвижки до поздней даты освобождения водохранилища от льда со стороны верхнего бьефа моста).

5. ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЬДА СЖАТИЮ, ИЗГИБУ, СМЯТИЮ И СРЕЗУ

5.1. При расчетах опор используют нормативные сопротивления льда смятию - R_c, изгибу - R_f, сжатию - R_* и срезу - R_{cp} при температуре, отвечающей воздействию льда на сооружение.

5.2. В качестве температуры льда пресноводного водохранилища принимается средняя температура воздуха трехсуточного периода, предшествующего действию льда на опоры моста при толщине льда 0,5 м и менее, и за шестисуточный период при толщине льда более 0,5 м.

Расчетная температура льда при первой подвижке

$$t_{ap} = \sum_{i=1}^{N} t_{ai} / N ,$$

где N = 3 или 6

t_{ai} - среднесуточные температуры воздуха за годы изиерений.

5.3. Для предварительных расчетов согласно СНиП 2.05.03-84* температуру льда на период первой подвижки допускается принимать равной – минус 3^0С, а при ледоходе – 0^0С.

5.4. Механические характеристики льда определяются на основе опытных данных о свойствах слоев льда по СНиП 2.06.04-82* (1995 г.).

При отсутствии опытных данных о послойных свойствах льда используются интегральные характеристики в соответствии с нижеизложенным.

5.5.Расчетная прочность льда перед его первой подвижкой определяется по формуле

$$R_i = \varphi R_i^{н}$$

где φ - коэффициент снижения прочности льда под влиянием солнечной радиации таблица 2;

$R_i^{н}$ - нормативное сопротивление льда (по испытанию эталонных образцов);

i - индекс, характеризующий вид прочности льда (сжатие, изгиб, смятие, срез).

5.6. Нормативное сопротивление льда $R_c^{н}$ в зависимости от температуры льда $t_в$, $с^0$ принимается по СНиП 2.06.04-82* (1989 г.)

$t_в$, $С^0$	0	-3	-15
$R_c^{н}$, МПа	0,45	0,75	1,2

5.7. Нормативное сопротивление льда изгибу

$$R_u^{н} = 0{,}75 R_c^{н}$$

5.8. Нормативное сопротивление льда смятию

$$R_f^н = \kappa_в R_c^н$$

где $\kappa_в$ – коэффициент, зависящий от относительной ширины сооружения *b/h*, определяемый в соответствии с требованиями СНиП 2.05.04-82* (1995 г.), табл.30 для пресноводных водохранилищ

b/h	≤0,3	1	3	10	20	≥30
$\kappa_в$	5,3	3,1	2,5	1,9	1,6	1,3

где *в* – ширина опоры или секции сооружения по фронту на уровне действия льда,м.

5.9. Нормативное сопротивление льда срезу

$$R_{ср}^н = 1/3 R_c^н$$

5.10. Значения φ принимается в зависимости от категории дороги, на которой находится мостовое сооружение, и климатической зоны региона мостового перехода, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициент снижения прочности льда

Категория дорог		Зоны одинаковых коэффициентов снижения *прочности льда*, φ			
железных	автомобильных	1	2	3	4
I-II	I-II	0,55	0,60	0,75	0,95
III-IY	III	0,50	0,55	0,70	0,90
Подъездные и внутренние пути	IY-Y	0,45	0,50	0,65	0,85

6. НАГРУЗКИ ОТ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ НА ОПОРЫ

6.1. Основой расчета ледовых нагрузок на опоры мостов является принцип, по которому сила воздействия на опоры не может превышать силу разрушения льда.

В зависимости от конструктивных особенностей опор могут иметь место следующие расчетные случаи:

- прорезание опоры (обычно при опорах с заостренной передней гранью);

- смятие льда перед опорой (при отсутствии заострения передней грани) со срезом вдоль наружных боковых поверхностей;
- раздробление льда при остановке или ударе отдельных льдин.

6.2. Нагрузку от воздействия ледяных полей при первой подвижке на опору с вертикальной передней гранью следует определять по формуле:

$$F_{см} = m R_b \cdot b \cdot h,$$

где m - коэффициент формы опоры по таблице 3;
b - ширина опоры.

Таблица 3

Коэффициент формы опоры в плане	Вид передней грани опоры						
	Треугольник с углом заострения в плане 2 γ, град.					Многогранник или полицикульная кривая	Прямоугольник
	45	60	75	90	120		
m	0,41	0,47	0,52	0,58	0,71	0,83	1,0

6.3. Нагрузку от воздействия движущихся ледяных полей на опору с вертикальной передней гранью следует определять по формуле:

$$F_{c.p}=0{,}04 \nu h \sqrt{mA k_b k_\nu R_c tg\gamma}$$

где A - максимальная площадь ледяного поля (или суммарная площадь нескольких ледяных полей, оказывающих давление друг на друга) 1% обеспеченностью, м^2. При отсутствии натурных данных площадь ледяного поля допускается принимать $A=1{,}75\ell^2$, где ℓ - величина пролета, м, а при уклонах участков водной поверхности i $\geq 0{,}07$.

k_ν - коэффициент по таблице 4.

Остальные обозначения даны ранее.

Таблица 4

Значение ε,	10^{-7} и менее	$5\cdot10^{-5}$	10^{-4}-$5\cdot10^{-4}$	10^{-3}	$5\cdot10^{-3}$	10^{-2} и более
κ_ν	0,1	0,9	1,0	0,8	0,5	0,3

ε_e - эффективная скорость деформации льда в зоне его взаимодействия с опорой определяется по формуле

$$\varepsilon_e = \upsilon / k_e b,$$

где k_e - коэффициент, принимаемый при b/h<30 равным 4, а при b/h≥30 равным 2.

Для опоры с передней гранью в виде многогранника или полуциркульного очертания $\gamma = 70^0$.

6.4. При наличии наклонной передней грани опоры (рис.1) нагрузку от воздействия движущегося ледяного поля следует определять по формулам:

а) горизонтальную составляющую нагрузки $F_{h,p}$, МН

$$F_{h,p} = \left[k_{h.1} R h^2 + k_{h.2} pg.hd^2 + k_{h.3} pg.h\left(d^2 - d_t^2\right)\right] k_{h.4};$$

б) вертикальную составляющую нагрузки

$$F_{v.p} = k_{v.1} F_{h,p} + k_{v.2} pgh\left(d^2 - d_t^2\right);$$

где $k_{h.1}, k_{h.2}$ - коэффициенты, принимаемые по табл. 5;

$k_{h.3}, k_{h.4}, k_{v.1}, k_{v.2}$ - коэффициенты, принимаемые по табл. 6 ;

p - плотность воды, кг/м^3;

g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с^2;

d - диаметр закругления в уровне нижней поверхности льда, м ;

d_t - диаметр закругления в верхней части опоры, м;

β - угол наклона передней грани к горизонту, град.

Таблица 5

Значение $\frac{pgd^2}{R_f h}$	0,1	0,5	1	5	10	25	50	100
Коэффициенты: $K_{h.1}$	1,6	1,6	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	3,5
$K_{h.2}$	0,31	0,24	0,21	0,11	0,08	0,05	0,02	0,02

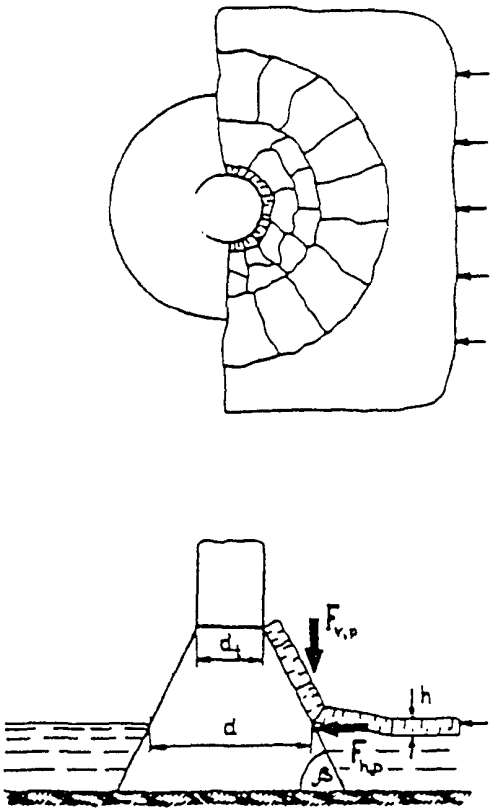

Рис. 1. Схема приложения нагрузок от движущегося ледяного поля на отдельно стоящую коническую опору

Таблица 6

Значение β, град	20	30	40	50	60	70
Коэффициенты: $K_{h,3}$	0,25	0,27	0,31	0,36	0,46	0,67
$K_{h,4}$	0,7	0,9	0,9	1,8	2,6	5,3
$K_{v,1}$	2,2	1,6	1,1	0,8	0,5	0,3
$K_{v,2}$	0,041	0,042	0,039	0,034	0,026	0,017

Примечание. Данные этой таблицы соответствуют коэффициенту трения между льдом и сооружением, равному 0,15

В случае подвижки смерзшегося с опорой ледяного поля горизонтальная составляющая нагрузки $F_{h,f}$, МН, определяется как на опору с расчетной шириной b, равной диаметру закругления на уровне действия льда, по формуле

$$F_{h,f} = k_{\beta} F_{b,p},$$

где k_{β} - коэффициент, принимаемый по табл 7.

Вертикальная составляющая нагрузки $F_{v,p}$ в этом случае отсутствует.

Таблица 7

Угол наклона грани β	45	60	75	90
Коэффициент κ_{β}	0,6	0,7	0,9	1

6.5. Нагрузку от воздействия движущегося ледяного поля на сооружение, состоящее из системы вертикальных колонн, F_p, МН (рис. 2) необходимо определять по формуле:

$$F_p = n_l K_1 K_2 F_{b,p},$$

где n_l - общее число колонн в сооружении;

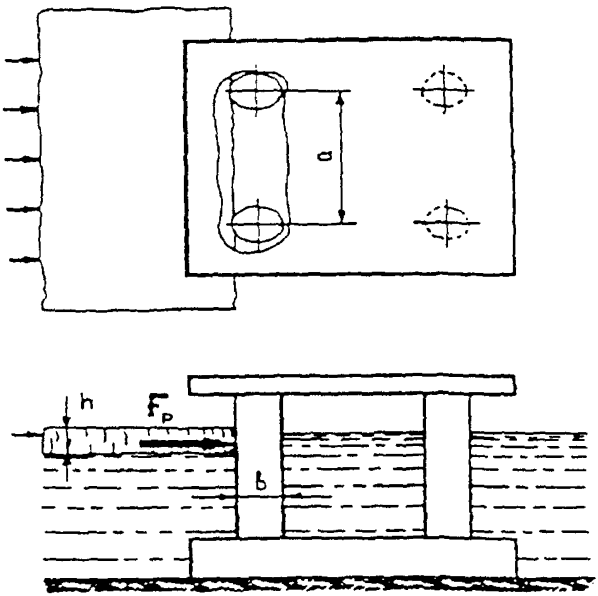

Рис. 2. Схема приложения нагрузки от движущегося ледяного поля на сооружение из системы вертикальных колонн

K_1 - коэффициент, определяемый по формуле

$$K_1 = 0{,}83+0{,}17\, n_f^{-1/2};$$

K_2 - коэффициент, принимаемый по табл 8.

Таблица 8

Значение b/a	0,1 и менее	0,5	1
Коэффициент K_2	1	$0{,}55+0{,}45\frac{k_n}{k}$	$\frac{k_n}{k}$

a - шаг колонны, м;

k_n - коэффициент, принимаемый по табл. 9;

n_f - число колонн в первом ряду по фронту сооружения.

Таблица 9

Значение b/h_d (или n_f/h_d)	0,3 и менее	1	3	10	20	30 и более
Коэффициент k (или k_n)	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4

6.6. Нагрузку от воздействия остановившегося ледяного поля, наваливающегося на сооружение при действии течения воды и ветра F_s, МН, необходимо определять по формуле

$$F_s = (p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu,a})A,$$

в которой величины p_μ, p_v, p_i и $p_{\mu,a}$, МПа, определяются по формулам:

$$p_\mu = 5\cdot 10^{-6} v_{max}^2;$$

$$p_v = 5\cdot 10^{-4}\frac{h v_{max}^2}{L_m};$$

$$p_i = 9{,}2\cdot 10^{-3} h\cdot i;$$

$$p_{\mu,a} = 2\cdot 10^{-8} v_{w,max}^2;$$

где v_{max} – максимальная скорость течения воды подо льдом 1 %-ной обеспеченности в период ледохода, м/с;

$v_{w,max}$ - максимальная скорость ветра в период ледохода 1 %-ой обеспеченности, м/с;

L_m - средняя длина ледяного поля по направлению потока, принимаемая по данным натурных

Примечание. Значения коэффициента K_1, определенные по формуле, соответствуют коэффициенту вариации предела прочности льда при одноосном сжатии, равному 0,2

наблюлений, а при их отсутствии для рек допускается принимать L_m равной утроенной ширине реки, м;

i - уклон поверхности потока.

6.7. Горизонтальную линейную нагрузку q, МН/м (на 1 м длины по фронту протяженного сооружения) от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении необходимо принимать равной наибольшему значению из полученных за рассматриваемый ряд лет.

Значения q определяются по графикам (рис. 3) при заданных значениях перепадов температуры воздуха $\Delta\theta$, ^{0}C и соответствующих им реальных и приведенных толщинах льда h_c, м и h_{red}, м.

Значения q следует выбирать из графика хода температуры воздуха по данным срочных наблюдений в ледоставный период для каждого года из рассматриваемого ряда лет (30 лет и более) при длительности перепадов от 5 часов до 20 суток.

Значения h_c принимаются равными средним толщинам льда за время перепада температуры.

Значения h_{red}, м необходимо определять по формуле

$$h_{red} = h_c + 1{,}43\, h_S + h_r \quad ;$$

где h_S - средняя толщина снега за время перепада температуры, м;

h_r - добавочная толщина льда, м, принимаемая по табл 10.

Таблица 10

Средняя скорость ветра за время перепада температуры Y_w, м/с	Добавочная толщина льда h_r, м, при средней температуре воздуха за время перепада температуры θ_a, ^{0}C		
	0	-10	-20
0	0,57	0,46	0,39
2,5	0,32	0,26	0,22
5	0,16	0,14	0,12
10	0,05	0,05	0,05
20	0,01	0,01	0,01

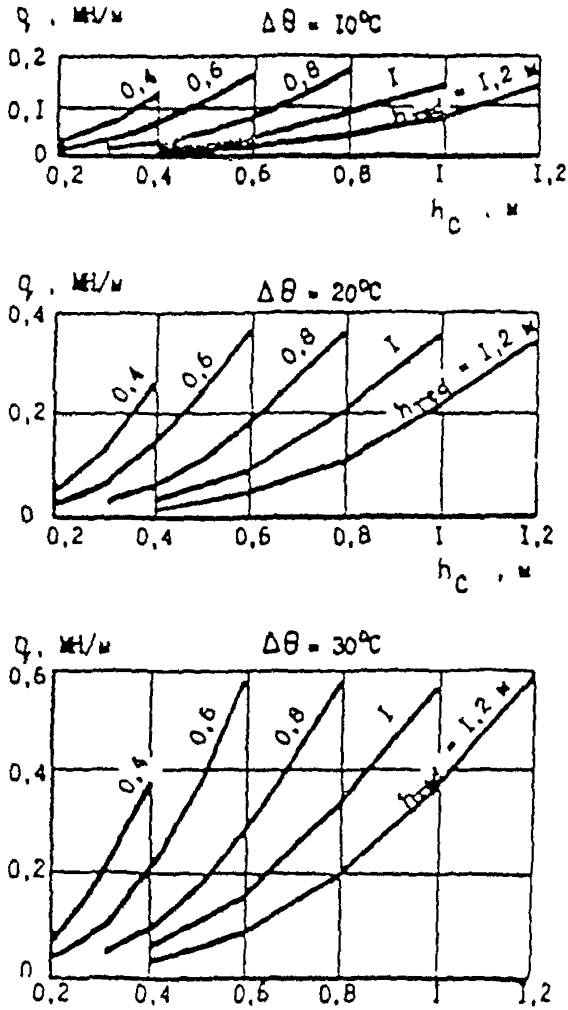

Рис 3 График значений линейной нагрузки q

6.8. Нагрузку от воздействия ледяного поля при его температурном расширении на отдельно стоящее сооружение F_t, МН, необходимо определять по формуле

$$F_t = k_l q b ,$$

где k_l - коэффициент, принимаемый по табл 11.

Таблица 11

Значение L/b	1	5	15	25	50	75	100
Коэффициент k_l	1	2	4	6	10	14	17
L – расстояние от отдельно стоящего сооружения до берега или протяженного сооружения, м							

q - обозначение то же, что в п.6.7.

При этом нагрузка F_t не может быть больше нагрузки $F_{t.b}$, МН, определяемой по формуле

$$F_{t.b} = R_c \, b \, h_c ,$$

где R_c - обозначение то же, что в п.5.1.

6.9. Точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки, определенной согласно пп.6.2 и 6.8, необходимо принимать ниже расчетного уровня воды на 0,25 h_c.

6.10. При косом направлении воздействия ледяных полей наклон передней грани опор не учитывается, и расчет производится по приведенным ранее формулам. За ширину опоры b в этом случае принимают проекцию опоры (в плане) на плоскость, перпендикулярную направлению воздействия ледяных полей. Для всех опор, кроме цилиндрических, коэффициент формы опоры в плане принимают равным единице (для цилиндрических - 0,9).

6.11. В многостоечных опорах (рис. 4) при косом направлении действия ледовой нагрузки на второй и последующие стойки ряда, расположенные вдоль движения ледяных полей, совместная работа стоек будет при соблюдении условий:

$$\ell \le \ell_{max}, \text{ где } \ell_{max} = b_1 \left(0{,}7 + 3{,}0 \left(\frac{h_{лр\%}}{b_1} \right)^{1/4} \right), \text{ и } \ell < b_1 / Sin\gamma .$$

При соблюдении указанных условий на рассматриваемые элементы ряда будет действовать сила, характеризующая как смятие, так и сдвиг льда и определяемая по формуле

$$F_\gamma = F_{см} - \left(F_{см} - F_{ср} \right) \left(\frac{b_1}{\ell} - Sin\gamma \right) \frac{\ell}{b_1} ,$$

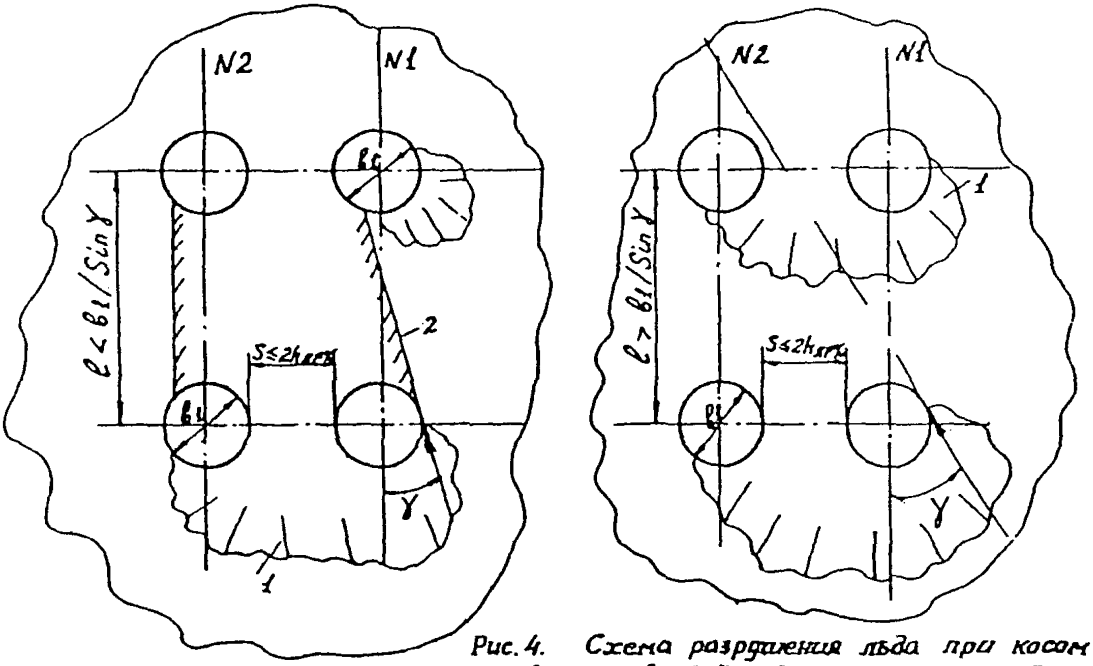

Рис. 4. Схема разрушения льда при косом направлении воздействия ледяных полей на элементы опор: 1-скол (смятие льда); 2-плоскость среза льда

где $F_{см}$ - усилие при разрушении ледяного покрова за счет смятия льда, определяемое по п.6.2;

$F_{ср}$ - усилие, при котором происходит срез льда между элементами ряда.

Для практических расчетов воздействие льда в период ледохода на вторую и последующие стойки опоры в ряду, расположенном параллельно направлению нагрузки (движения ледяных полей), можно не учитывать, поскольку первые элементы ряда работают как авангпостные сооружения, у которых происходит разрушение ледяных полей.

7. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОПОР И ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

7.1. Поперечное сечение опор моста в пределах затопления до отметки расчетного судоходного уровня воды проектировать, как правило, обтекаемым.

В пределах уровня ледохода телу опоры следует придавать форму с учетом направления воздействия ледохода.

Сопряжение граней опоры следует делать по цилиндрической поверхности радиусом 0,75 м. При надлежащем обосновании этот радиус может быть уменьшен до 0,3 м.

7.2. Железобетонные элементы опор надлежит защищать от истирания льдом и перемещающимися донными наносами.

7.3. Элементы опор железнодорожных мостов, находящиеся в зонах возможного замерзания воды (свободной или имеющейся в грунте), должны быть сплошного сечения.

В опорах автодорожных и городских мостов допускается в указанных зонах применение пустотелых железобетонных элементов при обеспечении мер против образования в стенках трещин от силового воздействия льда во внутренних полостях.

7.4. Блоки облицовки опор для защиты от ледохода должны изготавливаться из бетона класса по прочности на сжатие не ниже **В35** при расположении мостов в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки выше минус 40^0С.

7.5. В подводных частях опор, не подвергающихся электрической и химической коррозии, следует в соответствии со СНиП 2.03.11-85 применять бетон с маркой по водонепроницаемости W4.

В опорах мостов, находящихся в зонах действия плотин, при колебаниях уровня воды при отрицательных температурах воздуха марка бетона по водонепроницаемости должна быть не ниже W8.

7.6. Марки бетона и раствора по морозостойкости F в зависимости от климатических условий зоны строительства, расположения и вида конструкций следует принимать по таблице 12.

7.7. В случае выбора конструкций опор с бетонными блоками облицовки для защиты от ледохода предпочтение следует отдавать вертикальным блокам трапециодального сечения (патент №2107125 «Сборно-монолитная опора моста»).

7.8. Допускается устраивать ростверки опор над поверхностью воды. При этом верхние части свай должны быть защищены от воздействия ледохода специальными фартуками (патент России RU 2099467 C1 «Опора моста с льдозащитной оболочкой»).

Таблица 12

Климатические условия, характеризуемые средне-месячной температурой наиболее холодного месяца согласно СНиП 2.01.01-82, °С	Расположение конструкций и их частей					
	в надводной и надземной незатопляемой зонах[1]		в зоне переменного уровня воды[2]			
	Вид конструкций					
	железобетонные и тонкостенные бетонные (толщиной менее 0,5 м)	бетонные массивные	железобетонные и тонкостенные бетонные	бетонные массивные		блоки облицовки
				кладка тела опор (бетон наружной зоны)	кладка заполнения при блоках облицовки (бетон внутренней зоны)	
Умеренные: - 10 и выше	200	100	200	100	100	-
Суровые: ниже - 10 до - 20 включ.	200	100	300	200	100	300
Особо суровые: ниже - 20	300	200	300*	300	200	400**

[1] К надземным незатопляемым зонам в опорах следует относить части, расположенные на 1 м выше поверхности грунта. Для бетона участков опор, расположенных ниже и достигающих половины глубины промерзания грунта, следует предусматривать требования, указанные для конструкций, находящихся в зоне переменного уровня воды.

[2] За верхнюю границу зоны переменного уровня воды следует принимать условный уровень, который на 1 м выше наивысшего уровня ледохода, за нижнюю - уровень на 0,5 м ниже нижней поверхности слоя льда наинизшего ледостава.

* Железобетонные элементы промежуточных опор железнодорожных и совмещенных мостов на постоянных водотоках в районах с особо суровыми климатическими условиями должны иметь марку бетона по морозостойкости F400.

** Бетон блоков облицовки опор больших железнодорожных и совмещенных мостов через реки с ледоходом при толщине льда свыше 1,5 м и расположении моста в районе с особо суровыми климатическими условиями должен иметь марку по морозостойкости F500.

8. СПИСОК НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы. М., Госстрой СССР, 1998.
2. Методические указания по определению ледовых нагрузок на опоры мостов. М., ОАО ЦНИИС, 1993.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М., Госстрой СССР, 1997.
4. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М., Госстрой СССР, 1995.

ПЛД № 53-138 от 21.10.1994г.
Заказ 4. Объем 1,75 п.л. Тираж 250 экз.
Изд. ОАО ЦНИИС

gost.e-ecolog.ru