



Российская Федерация



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
(ЦНИИС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК  
В ВОДОХРАНИЛИЩАХ  
НА ОПОРЫ МОСТОВ

Москва • 1998

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

## 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<sup>\*</sup>. «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 косою направления воздействия ледовых полей на опоры мостов справедливы при угле между продольной осью опоры (поперек моста) и вектором силы более  $10^{\circ}$ .

1.8. Размерности величин в расчетных формулах:

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

- нагрузки, МН (1МН  $\cong$  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

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}\sqrt{N}} \leq 0,1,$$

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

$N$  - период наблюдений в годах;

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}};$$

$x_i$  - величина рассматриваемого параметра в  $i$  году;

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

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА

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

$$h = \bar{h}_n + \Phi_{\rho_n} \sigma_n,$$

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

$\sigma_n$  - среднее квадратическое отклонение ежегодных максимумов толщин льда от  $\bar{h}_n$ ;

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

$$C_s = \frac{N \sum_{i=1}^N (h_i - \bar{h}_n)^3}{\sigma_n^3 (N-1) \cdot (N-2)}$$

$\rho_n = 1\%$  при  $C_s \geq 0,5$  и  $2\%$  при  $C_s < 0,5$

Таблица 1

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

$C_s$	Вероятности, $P_n\%$	
	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  $\lambda = 0,8$  при  $h$  определенном в водохранилище

$\lambda = 1,2$ , 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 -  $R_s$  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

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

где  $N = 3$  или  $6$

$t_{ai}$  - среднесуточные температуры воздуха за годы изысканий.

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

**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

$$R_t = \varphi R_i^*$$

где  $\varphi$  - коэффициент снижения прочности льда под влиянием солнечной радиации таблица 2;

$R_i^*$  - нормативное сопротивление льда (по испытанию эталонных образцов);

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

**5.6.** Нормативное сопротивление льда  $R_c^*$  в зависимости от температуры льда  $t_a$ , с<sup>0</sup> принимается по СНиП 2.06.04-82\* (1989 г.)

$t_a, C^0$	0	-3	-15
$R_c^*, \text{МПа}$	0,45	0,75	1,2

**5.7.** Нормативное сопротивление льда изгибу

$$R_o^* = 0,75 R_c^*$$

## 5.8. Нормативное сопротивление льда смятию

$$R_f'' = \kappa_e R_c''$$

где  $\kappa_e$  – 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

$b/h$	$\leq 0,3$	1	3	10	20	$\geq 30$
$\kappa_e$	5,3	3,1	2,5	1,9	1,6	1,3

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

## 5.9. Нормативное сопротивление льда срезу

$$R_{cp}'' = 1/3 R_c''$$

5.10. Значения  $\varphi$  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, $\varphi$			
железных	автомобильных	1	2	3	4
I-II	I-II	0,55	0,60	0,75	0,95
III-IV	III	0,50	0,55	0,70	0,90
Подъездные и внутренние пути	IV-V	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:

$$F_{св} = m R_b \cdot b \cdot h,$$

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 $2\gamma$ , град.					Многогранник или полициркулярная 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:

$$F_{с.р} = 0,04 v h \sqrt{m A k_b k_v R_c t g \gamma}$$

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

$k_v$  - коэффициент по таблице 4.

Остальные обозначения даны ранее.

Таблица 4

Значение $\epsilon$ .	$10^{-7}$ и менее	$5 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$	$10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}$ и более
$k_v$	0,1	0,9	1,0	0,8	0,5	0,3

$\varepsilon_e$  - эффективная скорость деформации льда в зоне его взаимодействия с опорой определяется по формуле

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

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

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

**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

$$F_{h,p} = [k_{h,1} R h^2 + k_{h,2} p g h d^2 + k_{h,3} p g h (d^2 - d_i^2)] k_{h,4};$$

б) вертикальную составляющую нагрузки

$$F_{v,p} = k_{v,1} F_{h,p} + k_{v,2} p g h (d^2 - d_i^2);$$

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 ;

$\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;

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

$d_i$  - диаметр закругления в верхней части опоры, м;

$\beta$  - угол наклона передней грани к горизонту, град.

Таблица 5

Значение $\frac{p g d^2}{R, h}$	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

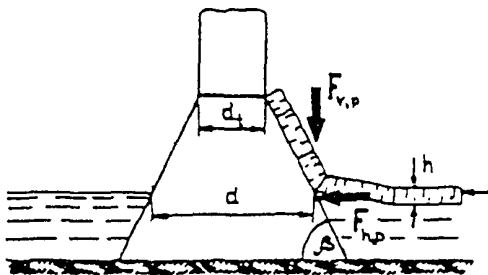
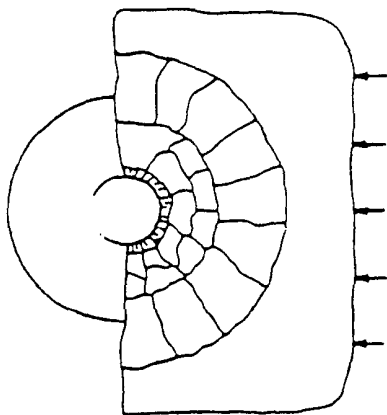


Рис. 1. Схема приложения нагрузок от движущегося ледяного поля на отдельно стоящую коническую опору

Таблица 6

Значение $\beta$ , 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  $k_{\beta}$  - коэффициент, принимаемый по табл 7.

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

Таблица 7

Угол наклона границы $\beta$	45	60	75	90
Коэффициент $k_{\beta}$	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;

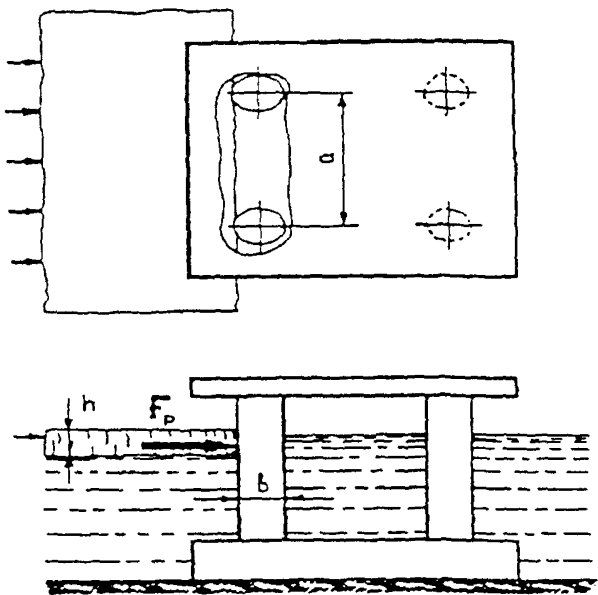


Рис. 2. Схема приложения нагрузки от движущегося ледяного поля на сооружение из системы вертикальных колонн



$K_1$  - коэффициент, определяемый по формуле

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

$K_2$  - 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;

$n_i$  - число колонн в первом ряду по фронту сооружения.

Таблица 9

Значение $b/h_d$ (или $n_i/h_d$ )	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. Нагрузки от воздействия остановившегося ледяного поля, наваливающегося на сооружение при действии течения воды и ветра  $F_s$ , МН, необходимо определять по формуле

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

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

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

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

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

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

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 натуральных

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

наблюдений, а при их отсутствии для рек допускается принимать  $L_n$  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  $\Delta\theta$ , °С и соответствующих им реальных и приведенных толщинах льда  $h_c$ , м и  $h_{ред}$ , 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  $h_c$  принимают равными средним толщинам льда за время перепада температуры.

Значения  $h_{ред}$ , м необходимо определять по формуле

$$h_{ред} = h_c + 1,43 h_s + h_r ;$$

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 $U_w$ , м/с	Добавочная толщина льда $h_r$ , м, при средней температуре воздуха за время перепада температуры $\theta_a$ , °С		
	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

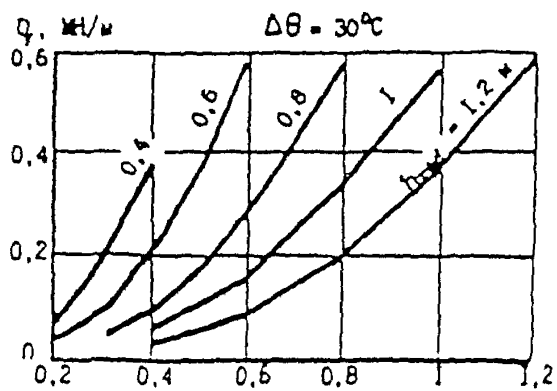
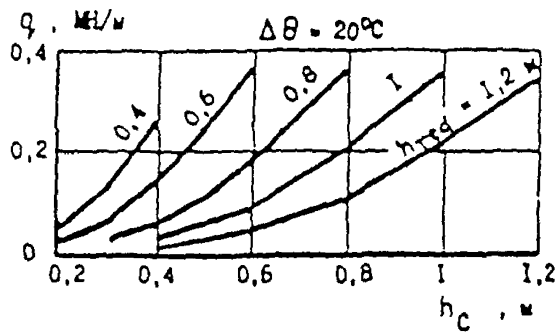
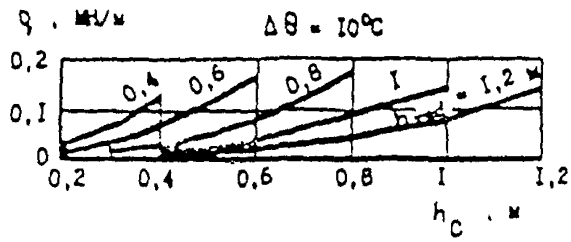


Рис 3 График значений линейной нагрузки  $q$

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:

$$l \leq l_{\max}, \text{ где } l_{\max} = b_1 \left( 0,7 + 3,0 \left( \frac{h_{лп\%}}{b_1} \right)^{1/4} \right), \text{ и } l < b_1 / \sin \gamma .$$

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

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

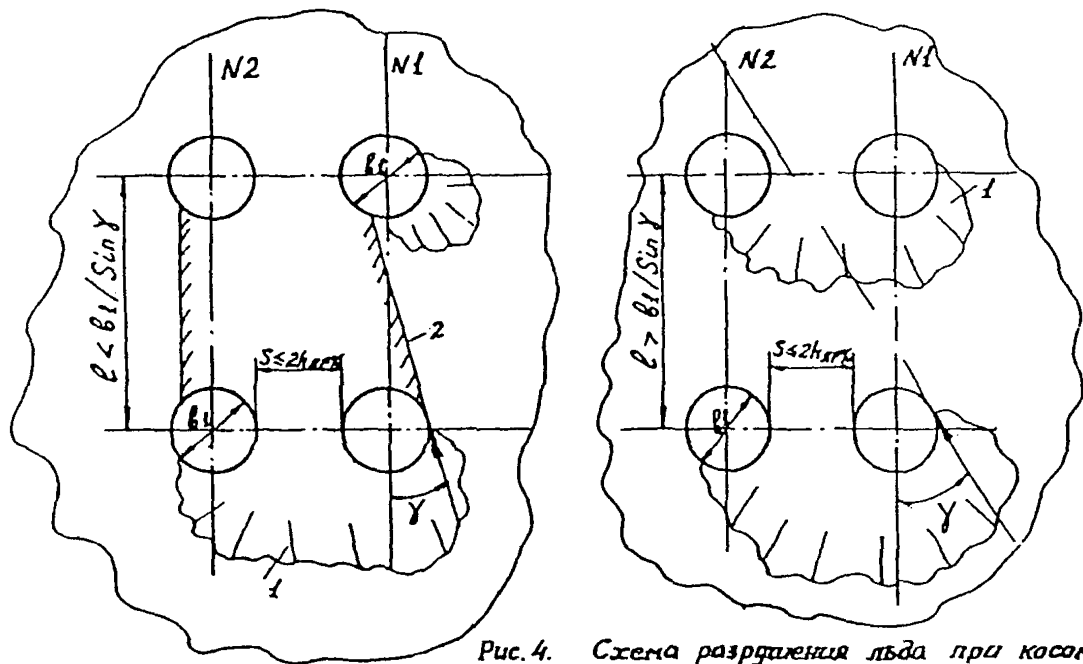


Рис. 4. Схема разрыва льда при косом направлении воздействия ледных полей на элементы опор: 1-скол (смятие льда); 2-плоскость среза льда

- 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 аванпостные 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 **B35** при расположении мостов в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки выше минус 40°C.

**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 С1 «Опора моста с льдозащитной оболочкой»).

Таблица 12

Климатические условия, характеризующие средне-месячную температуру наиболее холодного месяца согласно СНиП 2.01.01-82, °С	Расположение конструкций и их частей					
	в надводной и надземной незатопляемой зонах <sup>1</sup>		в зоне переменного уровня воды <sup>2</sup>			
	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**

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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*