

Ведомственные строительные нормы

Инструкция по учету условий пропуска льда при проектировании, строительстве и эксплуатации гидроузлов ВСН 10-76

Содержание

- [1. Общие положения](#)
- [2. Пропуск льда через суженные перемычками русла рек](#)
- [3. Пропуск льда через гребенки бетонных плотин](#)
- [4. Пропуск льда через донные отверстия бетонных плотин в период строительства](#)
- [5. Пропуск льда через бетонные водосливные плотины в период эксплуатации](#)
- [6. Задержание льда перед гидротехническими сооружениями](#)
- [7. Мероприятия по обеспечению пропуска льда через гидротехнические сооружения](#)
- [8. Приложение](#)

Министерство энергетики
и электрификации СССР
(Минэнерго СССР)

Внесены Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники им. В.Е. Веденеева	Утверждены решением Минэнерго СССР от 27 мая 1976 г. N 114	Срок введения в действие I квартал 1977 г.
---	---	---

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящей Инструкцией следует руководствоваться при проектировании, строительстве и эксплуатации гидроузлов на реках шириной от 150 до 900 м.

1.2. Инструкции не распространяются на проектирование мостов, промышленных водозаборов, портовых сооружений.

1.3. При проектировании гидроузлов в крайне тяжелых и малоизученных условиях Севера и Дальнего Востока, а также на горных реках и на реках с зимними паводками положения Инструкции следует уточнять на основе натуральных наблюдений и лабораторных исследований; при этом ряд натуральных наблюдений должен быть не менее 5 лет.

1.4. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения определяются в соответствии с указаниями главы СНиП "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)".

2. ПРОПУСК ЛЬДА ЧЕРЕЗ СУЖЕННЫЕ ПЕРЕМЫЧКАМИ РУСЛА РЕК

2.1. При суженных руслах рек (рис.1) во время строительства выбор параметров для пропуска льда сводится к назначению:

- 1) минимальной ширины сужения;
- 2) минимальной глубины сужения;
- 3) минимальной высоты перемычек, ограждающих недостроенные сооружения;
- 4) оптимального профиля и конфигурации перемычек.

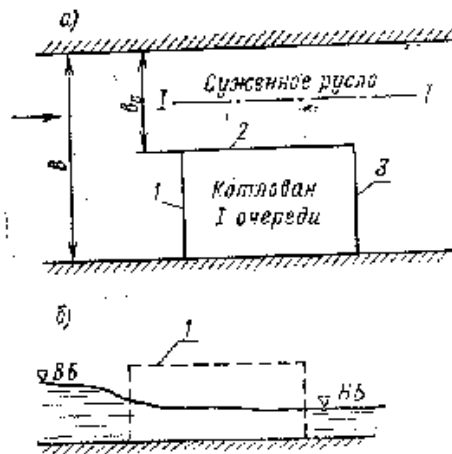


Рис. 1. Суженное русло реки
 а - план: 1 - верхняя перемычка; 2 - продольная перемычка; 3 - нижняя перемычка; б - продольный разрез 1-1: 1 - продольная перемычка котлована I очереди.

2.2. Минимальная относительная ширина суженного русла (b_c/V) мин определяется по формуле:

$$(b_c/V)_{\text{мин}} = 0,72 [1,0 - 0,49 V/h_{\text{л}} (0,5 - 0,133 \cdot 1/1000 V/h_{\text{л}}) v_{\text{л}}^2 \gamma_{\text{л}} / R_{\text{из}} g], \quad (1)$$

где b_c - ширина суженного русла, м; V - ширина реки, м; $h_{\text{л}}$ - толщина льда в период ледохода, м; $v_{\text{л}}$ - скорость движения льда, м/с; $\gamma_{\text{л}}$ - объемный вес льда, тс/м.куб.; $R_{\text{из}}$ - предел прочности льда при изгибе в период его пропуска, тс/м²; g - ускорение силы тяжести, 9.81 м/с².

2.3. В случае, если известны только толщина льда в период ледохода и ширина реки, относительное минимальное сужение (b_c/V) мин вычисляется по формуле:

$$(b_c/V)_{\text{мин}} = 0.5 - 0.133 \cdot 1/1000 (V/h_{\text{л}}). \quad (2)$$

Если известна только ширина реки, то относительное минимальное сужение (b_c/V) мин следует определять по формуле:

$$(b_c/V)_{\text{мин}} = 0.5 - 0.2 \cdot 1/1000 V. \quad (3)$$

Примечания. 1. Приведенные формулы для определения (b_c/V) мин справедливы при значениях $V/h_{\text{л}}$ от 100 до 1300.

2. При условии, если ширина суженного русла, определенная по формулам, окажется больше фактической или заданной по проекту, то для обеспечения пропуска льда необходимо принять меры к временному задержанию льда выше сужения, пока прочность и толщина его не уменьшатся до нужных размеров. Если обеспечить временное задержанию льда невозможно, то подходящие к сужению крупные ледяные поля (с целью обеспечения на пропуск) разрушают механическим способом (взрывают и др.).

2.4. Минимальная ширина суженного русла должна приниматься не менее 30% ширины реки, занятой плывущим льдом в бытовых условиях.

2.5. Толщина льда на реке весной принимается на основании натуральных наблюдений или по аналогии с другими реками. Скорость движения льда на подходе к сужению принимается равной скорости течения воды.

Предел прочности льда при изгибе принимается по данным натуральных наблюдений. При отсутствии натуральных данных о прочности предел прочности льда допускается принимать равным 50,0 тс/м².

2.6. Глубина потока по фарватеру сужения должна обеспечивать пропуск многослойного льда. Для многоводных рек с тяжелым ледоходом она должна быть не менее 5-6 м.

2.7. При уклонах водной поверхности на входе в суженные русла, больших 7% , ледяные поля длиной более 50 м разламываются.

Длину полос льда l м, от ледяных полей на гидравлических перепадах при входе в суженные русла, следует определять по формуле:

$$l = 4,4 \sqrt{h_e R_e} \quad (4)$$

2.8. Высота перемычек, ограждающих недостроенные сооружения, при пропуске льда через суженное русло должна назначаться с учетом возможного повышения уровней в верхнем и нижнем бьефах за счет прорыва заторов на вышерасположенных участках реки или образования заторов за сужением.

2.9. При решении вопросов пропуска льда через суженное русло следует учитывать, что наибольшему воздействию льда обычно подвергаются: верховой оголовок, верховая и нижняя перемычки.

2.10. Конструкция верхового оголовка должна быть рассчитана на восприятие ледовых нагрузок от статического давления льда при навале. Для защиты оголовка от динамического давления при подвижках и пропусках льда необходимо с внешней стороны дополнительное усиление его скальной отсыпкой от основания до отметки, превышающей уровень ледохода на 1 м.

Крупность основной массы скальной отсыпки верхового оголовка ряжевых перемычек на реках с тяжелыми ледовыми условиями должна быть не менее 0,3-1,0 м.

2.11. При выборе профиля и материала верховой перемычки следует иметь в виду, что перемычка должна противостоять динамическому воздействию льда при первых подвижках, статическому давлению от навалов льда, высота которых на реках с тяжелыми ледоходами может достигать 10-15 м.

2.12. Защита продольной перемычки от динамического воздействия льда при длине сужения, не превышающей его ширины, обеспечивается путем выдвигания верхового оголовка в сторону сужения. В случае, если длина сужения больше его ширины, для защиты продольной перемычки от больших скоростей потока и льда необходимо предусматривать шпоры, направляя их в сторону сужения.

Для земляных перемычек речной откос продольной перемычки необходимо закреплять отсыпкой скалы. Чтобы противостоять воздействию льда, ширина шпоры поверху должна быть не менее 10 м.

3. ПРОПУСК ЛЬДА ЧЕРЕЗ ГРЕБЕНКИ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

3.1. При проектировании гребенок бетонных плотин (рис. 2) должны назначаться:

- 1) ширина отдельных ледосбросовых пролетов,
- 2) общая ширина ледосбросного фронта,
- 3) отношение отдельных бычков к ширине пролетов,
- 4) форма оголовков раздельных бычков,
- 5) величина выдвигания раздельных бычков в сторону верхнего бьефа,
- 6) отметка порога и необходимая глубина воды в пролетах,
- 7) мероприятия по защите элементов гребенки от разрушения льдом.

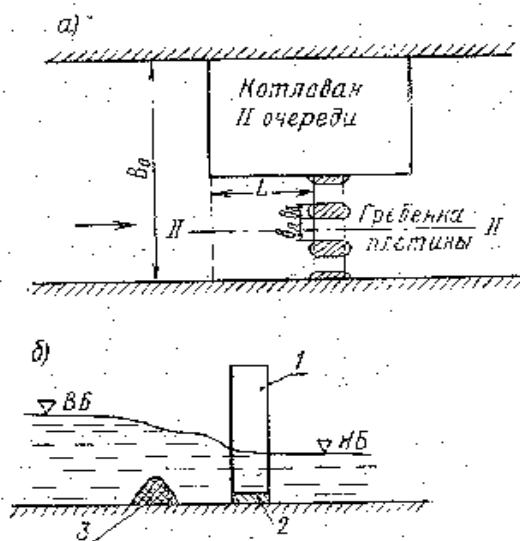


Рис. 2. Гребенка плотины
 а — план; б — продольный разрез II — II: 1 — бычки; 2 — порог; 3 — остатки верховой перемычки котлована I очереди.

3.2. Для гребенок с низким порогом ширина отдельных ледосбросных пролетов гребенки $b_{л}$, м, определяется по формуле:

$$b_{л} = \frac{0,022 \cdot l \cdot R_{и} \cdot g}{v_{л}^2 \gamma_{л}} \quad (5)$$

Зависимость справедлива для $0,02 < v_{л}^2/gl < 0,2$; $v_{л}$ - скорость подхода льда к гребенке, м/с.

Примечание. В случае, если невозможно запроектировать пролеты шириной $b_{л}$, определяемой по формуле (5), необходимо предусматривать комплекс мероприятий по снижению прочности льда и уменьшению его толщины.

3.3. Ширина ледосбросных пролетов $b_{л}$ для гребенок с низким или высоким порогом, на подходе к которым отсутствуют сосредоточенный гидравлический перепад, а также кривая спада водной поверхности, определяется по формуле:

$$b_{л} = \frac{1,1 \cdot k_p \cdot b_6}{v_{л}^2}, \quad (6)$$

где $k_p = 2,5 \cdot m_k \cdot R_{сж} / \sqrt[3]{v_{л}}$; m - коэффициент формы, изменяющийся в пределах от 0,54 до 1,0 в зависимости от угла заострения бычка в плане, определяемый по табл.

29 СНиП на нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов); k - коэффициент неплотности соприкосновения льдины с опорой, равный 0,4-0,7 в зависимости от ширины опоры и скорости движения льдины; $R_{сж}$ - предел прочности льда при сжатии. Принимая $R_{сж}=R_{и}$; b_6 - толщина бычка, м.

Примечание. При разрушении льдин на кривой спада величина $b_{л}$ должна приниматься на 10-20 % меньше, чем рассчитанная по формуле (6).

3.4. Для гребенок с низким порогом необходимо рассчитывать разлом ледяных полей на сосредоточенном гидравлическом перепаде выше гребенки; для гребенок с высоким порогом - разлом ледяных полей по кривой спада перед входом в пролеты.

3.5. Для разрушения ледяного поля на сосредоточенном перепаде величина перепада Z , М, должна быть больше $Z_{мин}$, м, определяемой по формуле:

$$Z_{мин} = b_{л} \cdot c_1 \cdot \sqrt{R_{\xi} / (\gamma \cdot h_{\xi})}, \quad (7)$$

где γ - объектный вес воды, тс/м³; c_1 - коэффициент, зависящий от размера ледяного поля l . При $l > 30$ м $c_1 = 0,030-0,035$.

3.6. Длину ледяных полос, отламывающихся от ледяного поля на сосредоточенном перепаде, следует определять по формуле (4).

3.7. Длину ледяных полос l_1 , м, отламывающихся на кривой спада, определяют по формуле:

$$l_1 = 2,3 \cdot \sqrt{h_{\xi} R_{\xi}}. \quad (8)$$

3.8. Ширина ледосбросного фронта $B_{лсф}$, м, определяется по формуле:

$$B_{лсф} = \frac{b_{\xi}}{c_3 \sqrt[4]{v_0^2 / g B_0 (1 + 10 h_{\xi} / h_0)}}, \quad (9)$$

где v_0 - скорость течения выше сужения, м/с; B_0 - ширина реки выше сужения, м; h_0 - глубина реки выше сужения, м; c_3 - коэффициент, принимаемый равным 0,54 - при разрушении льда на сосредоточенном перепаде и 0,27 - при разрушении льда на кривой спада.

3.9. При движении через гребенку мелкораздробленного уплотненного потоком льда ширину водосбросного фронта $B_{лсф}$ следует вычислять по формуле:

$$V_{\text{лсф}} = 0,41 \frac{b_1 \alpha B_0 u_1}{b_0 \beta^2}, \quad (10)$$

где α - коэффициент, учитывающий взаимодействие ледовой массы с бычком, равный:

- 0,6 - при $b_0=3 - 5$ м;
- 0,8 - при $b_0=6 - 8$ м;
- 1,0 - при $b_0=8 - 10$ м;

$$\beta = v_2/v_1. \quad b_1 = b_{\text{л}} + b_0.$$

u_1 - коэффициент, учитывающий форму и размеры русла в плане; v_2 - скорость течения в начале сужения, м/с; v_1 - скорость течения в конце сужения перед бычками, м/с.

При параллельной ориентации продольной перемычки относительно берега (как это обычно бывает в натуре) и $\beta = 1$

$$u_1 = 1 - \exp(-0,3L/B), \quad (11)$$

где L - расстояние от входа в сужение до гребенки, м.

Примечание. Формула (10) применима для условий: коэффициент шероховатости русла равен 0,03 - 0,04; $h_{\text{л}}/h_0 = 0,1$.

3.10. Минимальная ширина ледобросного фронта для гребенок с низким порогом на реках шириной 150-500 м принимается равной 0,20 от ширины реки в створе сооружений в бытовых условиях; при ширине реки более 500 м - 0,16.

3.11. При ширине пролетов от 6 до 30 м толщина бычка может достигать 8-10 м. Применение полуциркульных или треугольных оголовков улучшает условия обтекания их потоком.

3.12. Выдвижение бычков в сторону верхнего бьефа должно быть менее 1,5 % величины напора над порогом гребенки.

3.13. Отметка порога в пролетах должна быть такой, чтобы глубина воды в пролетах обеспечивала свободное прохождение льда.

3.14. Для предотвращения повреждения порога гребенки практического профиля движущимся льдом минимальная величина напора над его гребнем, $H_{\text{мин}}$, м, определяется по формуле:

$$H_{\text{мин}} = 0,9 h_s + 0,2 l_1. \quad (12)$$

Примечание. Толщина льда принимается с учетом смерзания льда в пакеты.

3.15. С целью предотвращения повреждения верхнего строения плотины движущимся льдом, низ верхнего строения над пролетом должен возвышаться над поверхностью воды в пролете не менее чем на 3,5-4,0 м.

4. ПРОПУСК ЛЬДА ЧЕРЕЗ ДОННЫЕ ОТВЕРСТИЯ БЕТОННЫХ ПЛОТИН В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1. При проектировании донных отверстий бетонных плотин (рис. 3) должны устанавливаться:

- 1) величина предельного (критического) затопления верха донных отверстий исходя из условия неподныривания льда;
- 2) сроки задержания льда перед сооружением.

4.2. Величина предельного затопления верха донных отверстий высотой 5+15 м, подтопленных со стороны нижнего бьефа, определяется по формуле:

$$H_k = \xi \sqrt{a}, \quad (13)$$

где a - высота донного отверстия на входном участке; ξ - коэффициент, равный при одинаковых отверстиях 4,0 м0,5, при спаренных отверстиях 5,0 м0,5.

Примечание. При наличии на входе в отверстия вихревых воронок значение H_k должно увеличиваться в 1,5 раза.

4.3 При пропуске льда через донные отверстия на реках с тяжелым ледоходом величина затопления верха донных отверстий не должна превышать высоту отверстий, т.е. $H_{\text{кеа}}$ (рис.3).

4.4. Критическая скорость течения $v_{\text{кр}}$, м/с, при которой начинается подныривание льдин под преграду в виде остановившегося перед отверстием ледяного поля определяется по формуле:

$$v_{кр} = \sqrt{0,035 \cdot g \cdot l} \quad (14)$$

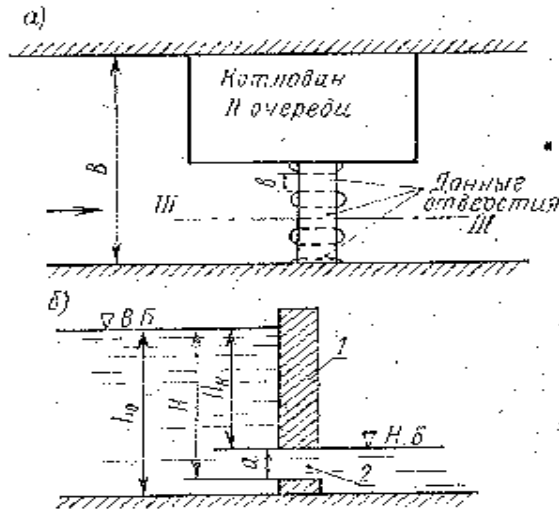


Рис. 3. Донные отверстия
 а — план; б — продольный разрез П—П: 1 — бетонная плита; 2 — донные отверстия.

4.5. Для неподтопленных со стороны нижнего бьефа донных отверстий пропуск льда возможен лишь при заглублении потолка отверстий, меньшем определенной величины $(a/H)l$, которая вычисляется по формуле:

$$(a/H)l = (a/H) \Psi_1 \Psi_2,$$

где a/H — определяется функциональной зависимостью

$$\frac{a}{H} = f\left(\frac{l}{H_0}, \frac{h}{l}, \frac{b}{B_k}\right), \quad (15)$$

и находится по графикам (рис. 4),

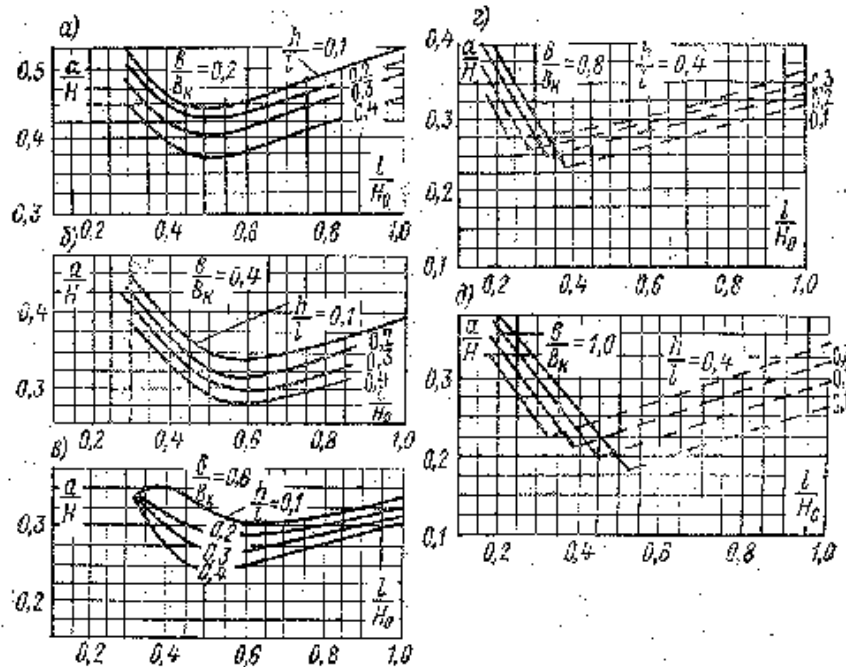


Рис. 4. Зависимость относительной величины заглубления донного отверстия $(a/H)l$ от относительных размеров льда $(l/H_0, h/l)$ при различных значениях b/B_k ;
 а, б, в, г, д — различные соотношения.

где B_k — ширина подходного канала перед отверстиями, м; Ψ_1 и Ψ_2 — коэффициенты,

учитывающие влияние расстояния между отверстиями (d) и высоту порога (p); ψ_1 - изменяющийся линейно от 0,7 до 1,0 (в пределах изменения отношения d/B от 0 до 2,0; при $d/B > 2,0$ $\psi_1=1,0$); ψ_2 - изменяется линейно от 0,005 до 1,0 (в пределах изменения отношения p/H_0 от 0 до 1,0) при $p/H_0 > 1,0$ $\psi_2=1,0$.

4.6. Ширина донных отверстий b , м, для бетонных гравитационных плотин по условиям прочности плотины не должна превышать:

а) для плотин высотой до 70 м - 60 % расстояния между сквозными температурными швами плотины;

а) для плотин выше 70 м - 50 % расстояния между сквозными температурными швами плотины.

4.7. Для строительных туннелей действительны все рекомендации, относящиеся к донным отверстиям.

5. ПРОПУСК ЛЬДА ЧЕРЕЗ БЕТОННЫЕ ВОДОСЛИВНЫЕ ПЛОТИНЫ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. Ширина ледобросного фронта $B_{лсф}$, м, должна назначаться по формуле:

$$B_{лсф} = b_1/b_2 B_n, \quad (16)$$

где b_1 - ширина участка реки перед сооружением, м, b_2 - ширина реки непосредственно перед узким участком реки, м; B_n - ширина подпертого бьефа у плотины, м (рис. 5).

Примечание. Для рек СССР отношение b_1/b_2 равно 0,30-0,45.

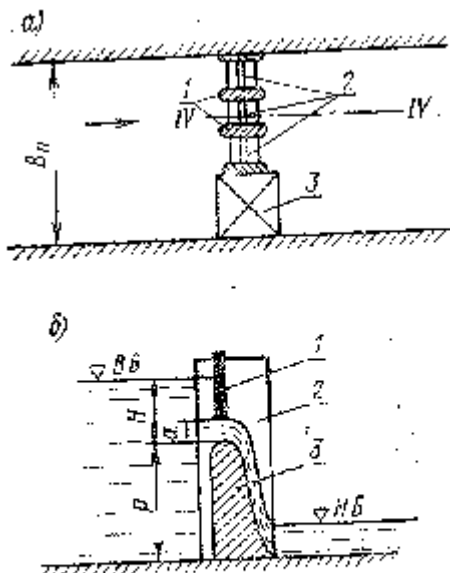


Рис. 5. Водосливная плотина
а - план: 1 - бычки; 2 - затворы; 3 - здание ГЭС; б - поперечный разрез IV-IV: 1 - затвор; 2 - бычки; 3 - водосливная плотина.

5.2. Ширина отдельных пролетов b_l , м, ледобросного фронта $B_{лсф}$, м, должна приниматься:

а) для Европейской части СССР:

10, 12, 14, 16, 18, 20 м;

б) для рек Сибири и Дальнего Востока:

18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 м.

5.3. Ширина пролетов b_l для водосливных бетонных плотин с вертикальной напорной гранью бычков должна определяться по формуле (6).

Примечание. При учете разрушения льдин на кривой спада величину b_l следует принимать на 10-20% меньше, чем рассчитанную по формуле (6).

5.4. Величина минимального напора $H_{мин}$, м, определяется по формулам:

а) при длине льдины l , м, не превышающей $3,5 h_{л макс}$

$$H_{мин} = 1,7 h_{л макс}, \quad (17)$$

где $h_{л макс}$ - максимальная толщина льда с учетом смерзания льдин в пакеты, м;
 б) при длине льдин больше $3,5 h_{л макс}$

$$H_{мин} = h_{л макс} + 0,21. \quad (18)$$

5.5. Величина критического открытия затвора a , м, при котором еще не происходит подныривания под него льда, принимается равной 0,2 от величины полного открытия затвора H . С учетом высоты плотины величина a определяется по формуле:

$$a/H = \frac{0,12}{\sqrt{H/h_0}}, \quad (19)$$

где h_0 - глубина воды перед плотиной, м; $h_0 = H + r$; r - высота плотины (рис.5).

При наличии данных о длине и толщине льдин величина a находится из графика рис.6.

Для защиты водобоя и сливной грани плотин от ударов льда следует обеспечивать поверхностный режим сопряжения бьефов.

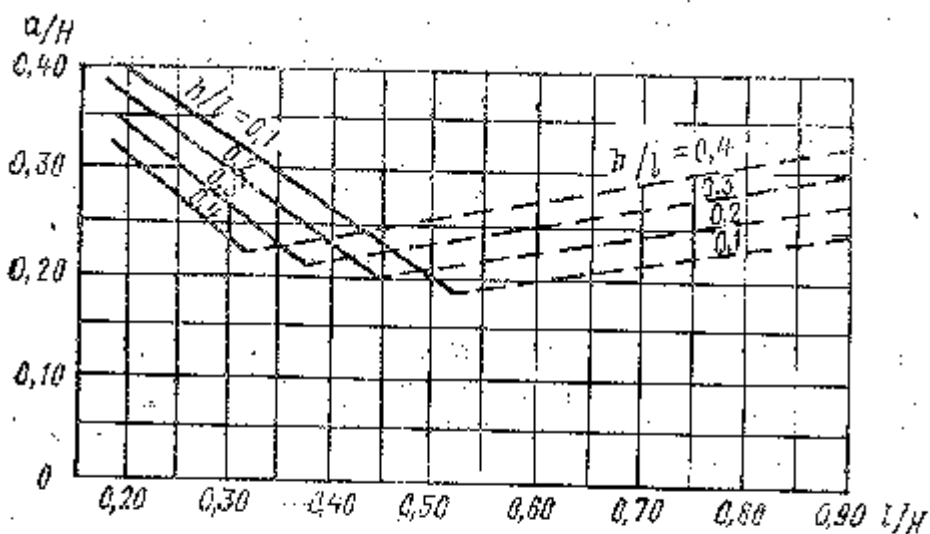


Рис. 6. Зависимость относительной величины допустимого открытия затвора (a/H) от относительной длины (l/H) и толщины (h/l) льдины по условию ее поворота и подныривания
 - сплошные — по условию подныривания; пунктирные — по условию поворота.

6. ЗАДЕРЖАНИЕ ЛЬДА ПЕРЕД ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ

6.1. Пропуск льда через гидротехнические сооружения в строительный и эксплуатационный периоды следует предусматривать в том случае, когда скорость течения в верхнем бьефе на прилегающем к плотине участке длиной 5-10 км достигает величины, способной создать подвижку ледяных полей, отделенных от берегов и соизмеримых с шириной реки (B).

6.2. Пропуск льда через сооружения не является обязательным, если средние скорости потока менее 0,4-0,5 м/с.

6.3. Для задержания льда перед сооружениями средняя скорость потока $v_{ср}$ перед гидроузлом на участке длиной до $15(B)$, где B - ширина реки, должна быть меньше величины, определяемой по формулам:

а) при прямолинейном очертании берегов

$$v_{ср} = 4,25 \sqrt{h_g \cdot R_g / B}; \quad (20)$$

б) при криволинейном очертании берегов величина $v_{ср}$, полученная по формуле

(20), увеличивается на 30 % ;

в) с учетом глубины реки перед сооружениями при прямолинейном очертании берегов

$$v_{cp} = k' \cdot 5,62 \sqrt{h_{\bar{e}} \cdot R_{\bar{e}} / B} , \quad (21)$$

где $k' = \sqrt{1 / (1 + 10h_{\bar{e}} / h)}$; h - глубина воды, м; при криволинейном очертании берегов величина v_{cp} , полученная по формуле (21), увеличивается на 30%;

г) при наличии данных о коэффициенте шероховатости дна водотока n_1 и нижней поверхности льда n_2 :

$$v_{cp} = 0,085 k_1 \sqrt{h_{\bar{e}} \cdot R_{\bar{e}} / B} , \quad (22)$$

где $k_1 = C_{np} \sqrt{1 / (\eta_2 + (\gamma_{\bar{e}} h_{\bar{e}} / \gamma_0 h))}$; η_2 - относительная глубина воды под ледяным покровом; $\eta_2 = h_2 / h$; h_2 - глубина воды от нижней поверхности ледяного покрова до линии максимальной скорости течения на эюре $v = f(h)$.

В случае невозможности определения h_2

$$\eta_2 = 0,5 \cdot 0,61g(n_1/n_2) ,$$

при вычислении

$$C_{np} = R^{(1/6)} / n_{np} = f(h) .$$

$$n_{np} = \frac{n_1}{(1 - \eta_2)^{(5/3)} + \eta_2^{(5/3)}} ;$$

R - гидравлический радиус русла при наличии ледяного покрова; n_{np} - приведенный коэффициент шероховатости русла с ледяным покровом.

6.4. Задержание льда перед сооружениями обеспечивается:

а) для случая недостроенной плотины с донными отверстиями - путем обеспечения необходимой величины заглубления верха донного отверстия, определяемой по формулам (13) и (15);

а) для случая волосливой плотины - путем обеспечения необходимой величины открытия затвора, определяемой по формуле (20).

6.5. Для задержания льда выше сооружений в ряде случаев применяются плпвучие запаны или забральные стенки. При определении условий подныривания льда под сплошную запань или забральную стенку следует применять формулу (14).

Продолжительность временного задержания льда ($\Delta\tau$, сут) на реке выше сооружений с целью его ослабления и сброса в дальнейшем следует определять по следующим формулам .

1. При наличии данных о прочности льда на момент вскрытия реки ниже сооружений

$$\Delta\tau = \Delta R / k , \quad (23)$$

где ΔR - величина необходимого понижения прочности льда, тс/м²; $\Delta R = R_0 - R$, R_0 - прочности льда на момент вскрытия реки ниже сооружений, тс/м²; R - необходимая прочность льда к моменту его пропуска через сооружения, тс/м²; k - интенсивность понижения прочности льда, принимаемая равной : 4 тс/м² за сутки для водного льда, 2 тс/м² за сутки для шугового льда.

Примечание. Значение k рекомендуется уточнять на основании материалов натуральных исследований.

2. При наличии прогностических данных о среднесуточных температурах воздуха величина $\Delta\tau$ определяется по сумме этих температур с помощью графика зависимости $\Sigma\theta = f(\tau)$ с использованием формулы:

$$R/R_0 = 1 - 0,0167 (\Sigma\theta) \quad (24)$$

где $\sum\theta$ - сумма положительных среднесуточных температура воздуха за период Δ , определяемая по кривой $\sum\theta = f(\tau)$, построенной в соответствии с прогнозом температур воздуха.

2. При наличии прогностических данных о продолжительности прочности льда определяется по формуле:

$$R'/R_o' = (1 - \sqrt{S'/S_o})^2, \quad (25)$$

и построенному графику $S' = f(\tau)$,

где R' - разрушающее напряжение льда (временное сопротивление льда изгибу), подвергшегося облучению, тс/м²; R_o' - разрушающее напряжение льда, не подвергшегося облучению, тс/м²; S' - количество поглощенной льдом солнечной радиации (за период $\Delta\tau$), ккал/м²; S_o - количество поглощенного тепла, необходимое для полной потери льдом его прочности (рассыпание льда на отдельные кристаллы), ккал/м², которое следует принимать равным:

для крупнокристаллического льда - $16 \cdot 10^6$ ккал/м²;

для мелкокристаллического льда - $27 \cdot 10^6$ ккал/м²;

для шугового льда - $35 \cdot 10^6$ ккал/м²;

для снежного льда - $55 \cdot 10^6$ ккал/м².

При неизвестном виде льда следует принимать среднее значение S_o , равным $44 \cdot 10^6$ ккал/м².

6.6. Величина уменьшения толщины ледяного покрова Δh , м, за период задержания льда, определяется по формуле:

$$\Delta = h (S \Delta t) / (\gamma_{л} r), \quad (26)$$

где S - суммарный теплоприход на единицу площади верхней и нижней поверхности ледяного покрова, ккал/(ч.м²); Δt - продолжительность задержания льда, ч;

$$S = S_1 + S_2,$$

где S_1 - теплоприход к верхней поверхности, ккал/(ч.м²);

где S_2 - теплоприход к нижней поверхности, ккал/(ч.м²).

$$S_1 = \alpha_{\text{возд}} \theta_{\text{возд}} + S_{\text{рад}},$$

$$\alpha_{\text{возд}} = 5 \sqrt{(w + 0,3)},$$

где θ - температура воздуха, средняя за расчетный период, °С; $\alpha_{\text{возд}}$ - коэффициент теплообмена воздух-лед, ккал/(ч.м².°С); w - скорость ветра, м/сек;

где $S_{\text{рад}}$ - теплоприход к поверхности льда за счет солнечной радиации, ккал/(ч.м²).

$$S_{\text{рад}} = R_o = [0,9 (1-N) + 0,36 N],$$

где R_o - возможная сумма тепла, получаемого горизонтальной поверхностью ледяного покрова за счет прямой солнечной радиации при ясном небе, ккал/(ч.м²);

N - облачность, в долях единицы;

$$S_2 = \alpha_{\text{в}} t_{\text{в}},$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплообмена вода-лед, ккал/(ч.м².°С); $t_{\text{в}}$ - температура воды, °С;

$$\alpha_{\text{в}} = 90 v t_{\text{в}} + 3800 v^{5/6} t_{\text{в}}^{1/6},$$

где v - скорость течения, м/с.

7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОПУСКА ЛЬДА ЧЕРЕЗ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

7.1. Для улучшения пропуска льда створ гидроузла должен располагаться на прямолинейном участке реки, в этом случае ледосбросные отверстия размещаются в стержневой части реки. При криволинейном участке реки перед сооружениями ледосбросные отверстия должны размещаться у вогнутого берега, где происходит наиболее интенсивное движение льда в период ледохода.

7.2. С целью предотвращения образования затора в нижнем бьефе, ухудшающего пропуск льда через сооружения, целесообразно выполнять такие мероприятия по ускорению вскрытия реки в нижнем бьефе, как разрушение льда взрывами, ледоколами или иными средствами.

7.3. Для улучшения условий движения льда к сооружениям целесообразно производить:

а) отделение ледяного поля, находящегося в тупиковой зоне (выше верховой перемычки) от ледяного покрова, находящегося в зоне движения льда (против водосбросных отверстий);

б) искусственное разрушение ледяных полей в верхнем бьефе до подхода их к сооружениям, если отсутствуют сосредоточенные перепады и значительная кривая спада перед гребенкой.

Примечание. Выбор способа разрушения ледяного покрова производится с использованием "Методических указаний по борьбе с заторами и зажорами льда".

7.4. При небольшом водохранилище выше гидроузла для предотвращения возможного образования затора в районе выклинивания подпора и улучшения движения льда ледяной покров в водохранилище целесообразно разрушать ледоколами (или иными средствами).

Такое разрушение можно производить по всей площади водохранилища или с образованием продольной полосы для создания канала в ледяном покрове, по которому битый лед проходит к гидроузлу и сбрасывается в нижний бьеф.

7.5. Для облегчения пропуска заторного льда через гидротехнические сооружения целесообразно движущийся по водохранилищу заторный лед временно посадить на мелководных участках (снизив уровень воды). После подтаивания и разрыхления такой лед легче пропускается через гидротехнические сооружения.

7.6. К моменту пропуска льда через плотины должна быть обеспечена маневренность затворов в ледосбросных пролетах. Учитывая это, затворы и закладные части должны быть снабжены для обогрева. Наледи у затворов в местах фильтрации к моменту пропуска льда удаляются.

Примечание. Расчеты по обогреву затворов и закладных частей производятся в соответствии с "Указаниями по расчету системы обогрева элементов гидромеханического оборудования гидротехнических сооружений".

7.7. При решении вопроса пропуска льда через гидротехнические сооружения, прежде всего, должен быть выполнен всесторонний анализ ледовых условий реки с целью выяснения возможностей регулирования ледохода с учетом морфологических особенностей реки (пороги, острова, излуины и т.п.) и вышерасположенных водохранилищ, позволяющих производить изменение попусков воды в предледоходный и ледоходный периоды.

Для проведения взрывных работ (с вертолета или наземным способом) следует в определенных местах сосредоточить необходимое количество взрывчатых веществ.

Примечание. Взрывные и другие работы по разрушению ледяного покрова и затора производятся в соответствии с "Методическими указаниями по борьбе с заторами и зажорами льда" и другими специальными инструкциями.

Приложение 1

Примеры сужения русла реки в период пропуска льда
при строительстве ГЭС

Название ГЭС	Годы наблюдения	Ширина реки, м	Степень сужения
Усть-Каменогорская	1950	270	0,53
Бухтарминская	1956-1957	220	0,50
Новосибирская	1952-1956	900	0,39-0,67
Крвсноярская	1960-1962	700	0,40-0,47
Мамаканская	1958-1959	150	0,48

Братская	1957-1958	810	0,38
Саяно-Шушенская	1969	330	0,39
Свирская	-	260	0,58
Камская	-	860	0,58
Усть-Илимская	1967	1300	0,62
Зейская	1966-1968	350	0,48-0,54
Горьковская	1950-1953	1300	0,46-0,65
Волжская им. В.И.Ленина	1951-1952	1300	0,60
Волжская им. XXII съезда КПСС	-	1300	0,69

П р и л о ж е н и е 2

Размеры пролетов гребенки плотины ГЭС в стойтельный период при пропуске льда

Название ГЭС	Годы наблюдений	Ширина пролета, м	Толщина раздельных бычков, м	Общая ширина ледосбросного фронта, м	Отношение общей ширины ледосбросного фронта к ширине реки
Усть-Каменогорская	1952	18	4	54	0,2
Бухтарминская	1958	18	4	54	0,25
Новосибирская	1957-1958	20	4	160	0,18
Братская	1960	12	10	132	0,16
Мамаканская	1960-1961	30;75; 20;6	без бычков	30;75; 12;36	0,2; 0,5; 0,08
Красноярская	1963-1971	21;15; 15;6	5-9 5-9	141 54	0,19 0,08
Усть-Илимская	1970-1971	12	10	132	0,15

П р и л о ж е н и е 3

Ширина ледосбросного фронта при пропуске льда через плотины гидроэлектростанций

Название ГЭС	Годы наблюдений строительства	Ширина пролета, м	Количество действующих пролетов	Общая ширина ледосбросного фронта, м
Волховская	1926	210	1	210
Иваньковская	1938-1939	20	8	160
Кегумская	1948	80	1	80
Угличская	1951	20	1-4	20-80
Дубоссарская	1964-1969	13	8	104
Камская	1955-1957	12	24	288
Новосибирская	1959-1961	20	8	160
Горьковская	1956	20	12	240
Волжская им. В.И.Ленина	1956	20	38	760