МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЛНОВЫХ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И КРУТОНАКЛОННЫЕ СТЕНЫ, ИМЕЮЩИЕ В ОСНОВАНИИ ВЫСОКУЮ КАМЕННУЮ ПОСТЕЛЬ

РД 31.31.53 - 90

Москва, 1990

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНО Одесским филиалом государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта (СоюзморНИИ-проект)

"ЧЕРНОМОРНИИПРОЕКТ"

Директор - канд.техн.наук В.А.Яценко
Зам.главного инженера - В.А.Стецюк
Зав.группой стандартизации А.Ф.Долгая
Руководитель разработки
зав.лабораторией морских каналов и портовых акваторий -
канд. техн. наук А.П.Тюрин
Исполнитель - канд. техн. наук
В.В.Бурячок

РУКОВОДСТВО ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЛНОВЫХ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И КРУТОНАКЛОННЫЕ СТЕНКИ, ИМЕЮЩИЕ В ОСНОВАНИИ ВЫСОКУЮ КАМЕННУЮ ПОСТЕЛЬ

РД 31.31.53 -90

Вводится впервые

Письмом ГУПиИС ММФ от 08.06.90 № ИС -3/1248 срок введения в действие установлен с 01.10.90 до 30.12.95

Настоящее Руководство предназначено для экспериментального проектирования морских гидротехнических сооружений, расположенных на высоких каменных постелях и имеющих плоскую лицевую грань, наклоненную к вертикали не более, чем на 30°.

Руководство уточняет и развивает положения СНиП 2.06.04-82.

РД не распространяется на случаи воздействия на гидротехнические сооружения разбивающихся и прибойных волн.

I. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТЕНЫ НА ВЫСОКОЙ КАМЕННОЙ ПОСТЕЛИ

I.I. Эпюры волнового давления при подходе со стороны моря (рис. I.I) вершины (эпюра I) и подошвы (эпюра 2) волны следует строить по требованиям СНиП 2.06.04-82*, принимая в качестве расчетных глубину $d = d_f$, длину волны $\bar{\lambda}_f$ и высоту h_f (элементы волн над бермой). Последние две величины надлежит определять по п.п. I.2, I.3 настоящего РД.

I.2. Величину $\bar{\lambda}_f / \bar{\lambda}$ следует определять по оси ординат рис. I.2, восставляя перпендикуляр к оси абсцисс в точке, соответствующей заданному отношению $\bar{\lambda} / d_g$ до пересечения с линией, соответствующей заданному отношению d_f / d_g. Здесь $\bar{\lambda}$ – средняя длина волны на глубине d_g, м, остальные обозначения даны на рис. I.I. Для определения промежуточных значений $\bar{\lambda}_f / \bar{\lambda}$ по рис. I.2 допускается линейная интерполяция.

I.3. Отношение h_f / h (h – высота волны на подходе к сооружению, м) нужно определять по рис. I.3 – I.8, соответствующих значениям $\bar{\lambda} / d_g$, ближайшим к заданному, с последующей линейной интерполяцией результата. На указанных рисунках следует найти точки с координатами $b / \bar{\lambda}$, d_f / d_g, где

$$b = b_{gr} + 0{,}5(d_g - d_f)\operatorname{ctg}\varphi \qquad (I.I)$$

(см. рис. I.I), и определить h_f / h по линейной интерполяции между ближайшими изолиниями.

I.4. Эпюры взвешивающего давления, волнового давления скользящей дифрагированной волны со стороны гавани, а также коэффициенты к нагрузкам со стороны моря на стенки с пониженной

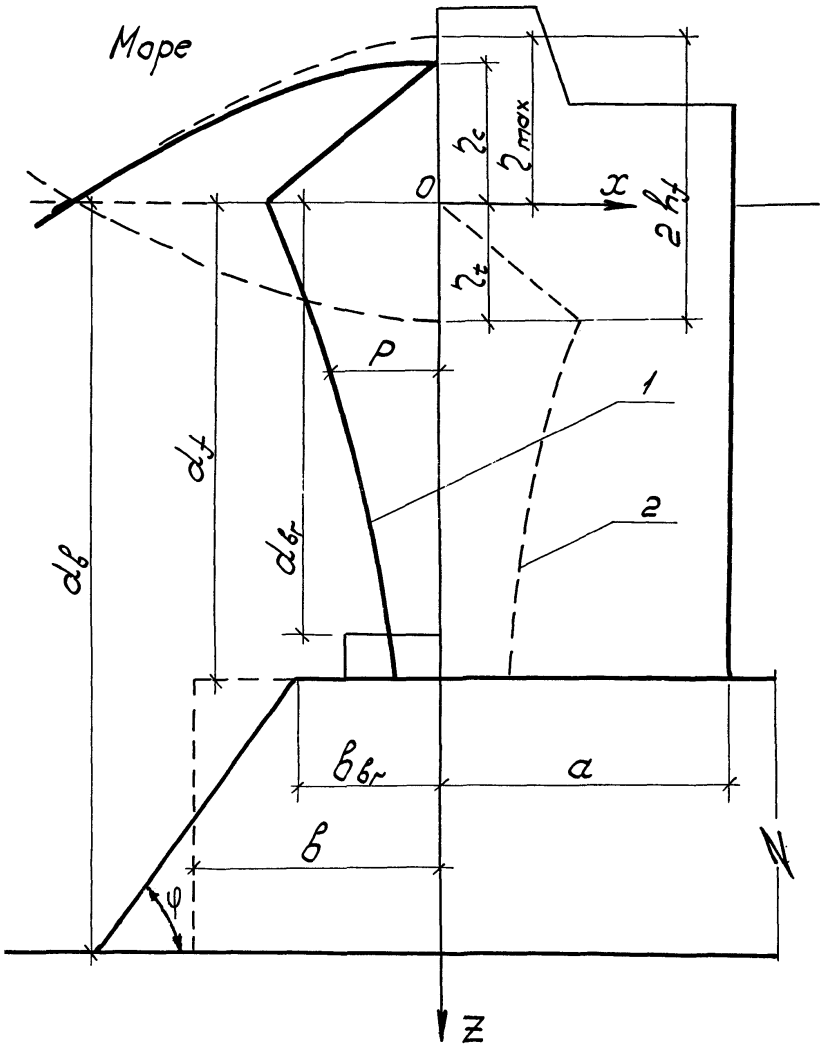

Рис. I.I

Расчетная схема вертикальной стены

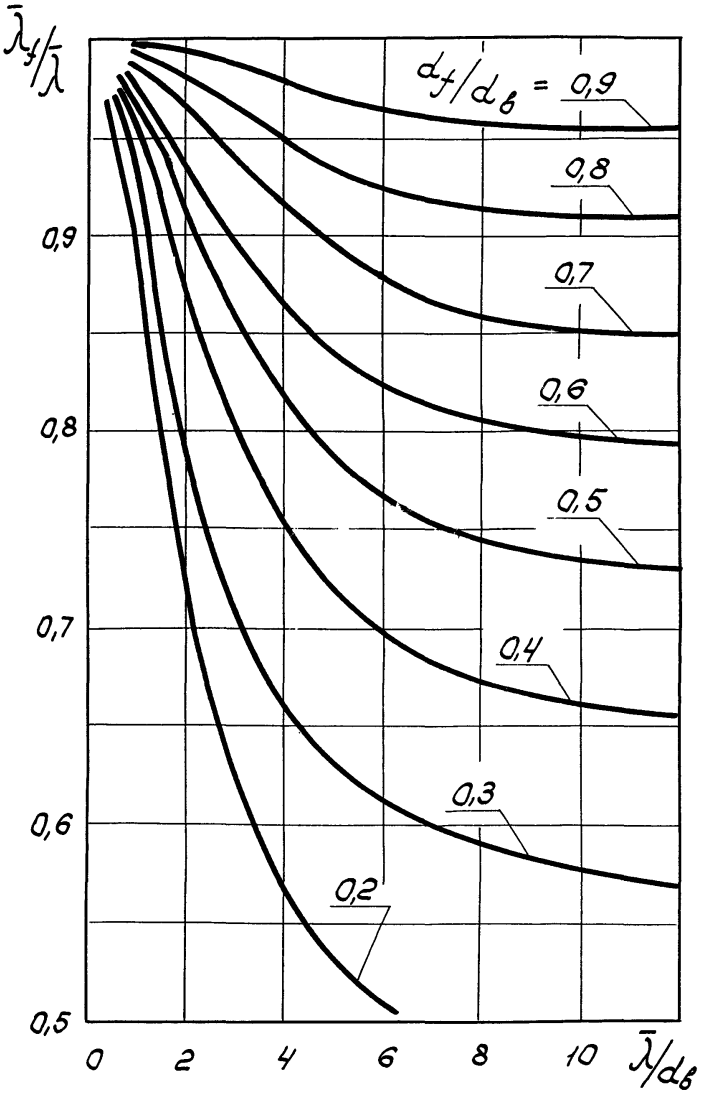

Рис. I.2

К определению длины волны над бермой

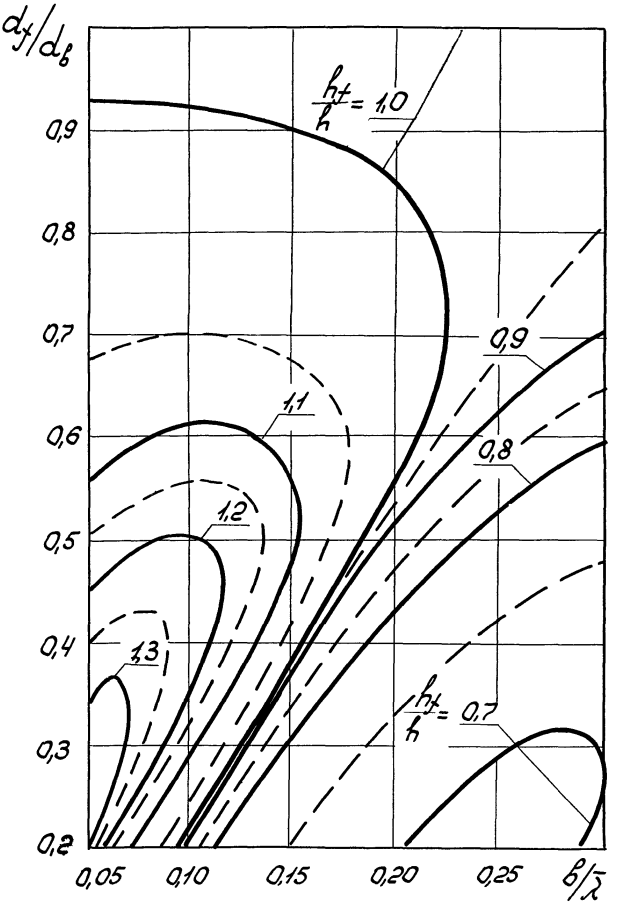

Рис. I.3

Изолинии h_1/h при $\bar{\lambda}/d_в \leq 2$

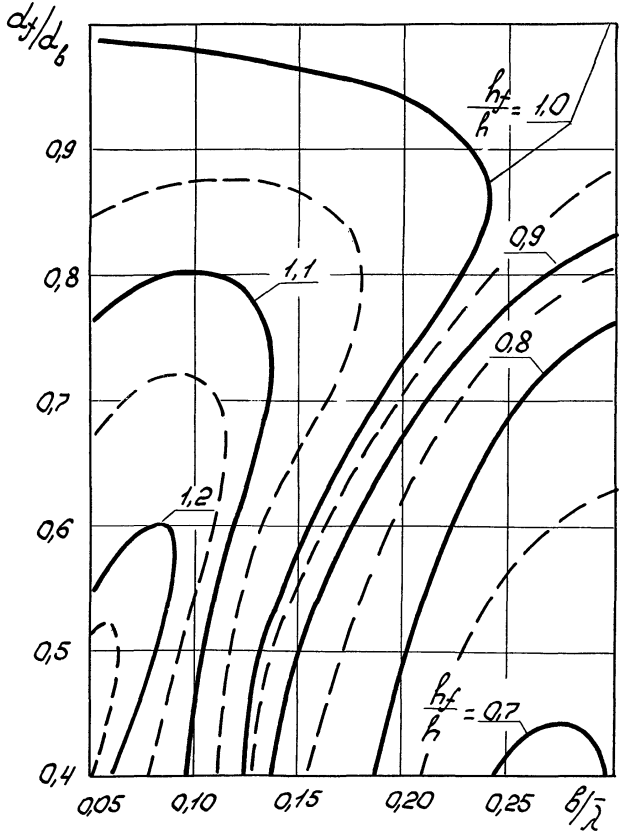

Рис. I.4

Изолинии h_f/h при $\bar{\lambda}/d_в = 4$

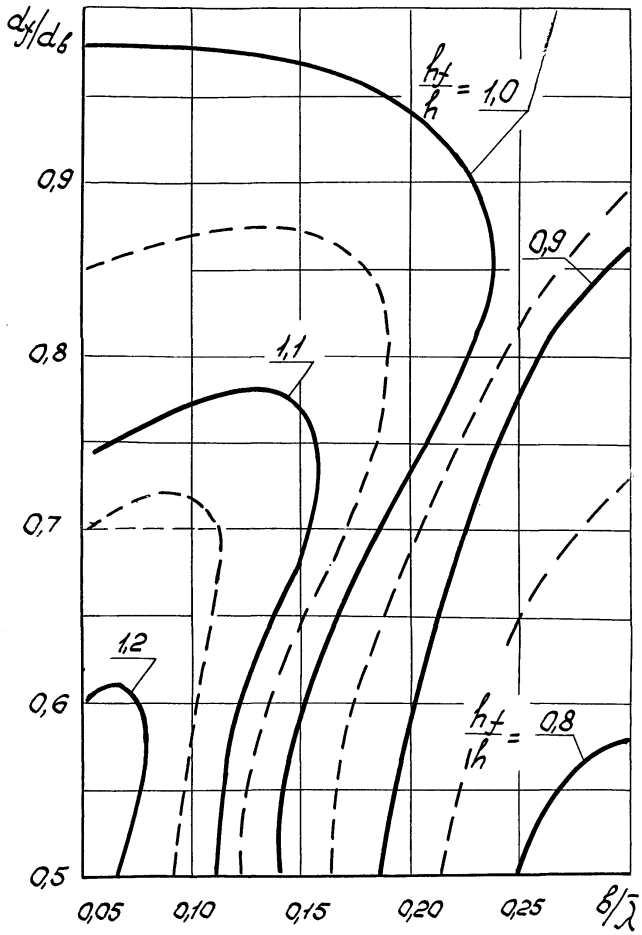

Рис. I.5

Изолинии h_y/h при $\bar{\lambda}/d_в$ = 6

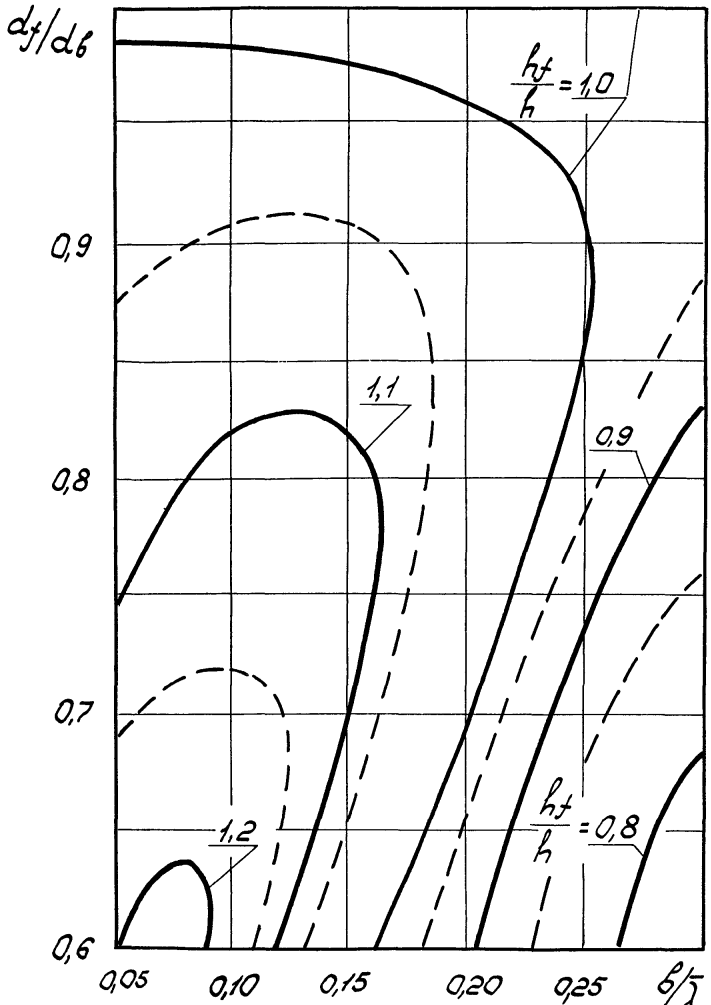

Рис. I.6

Изолинии h_f/h при $\bar{\lambda}/d_b = 8$

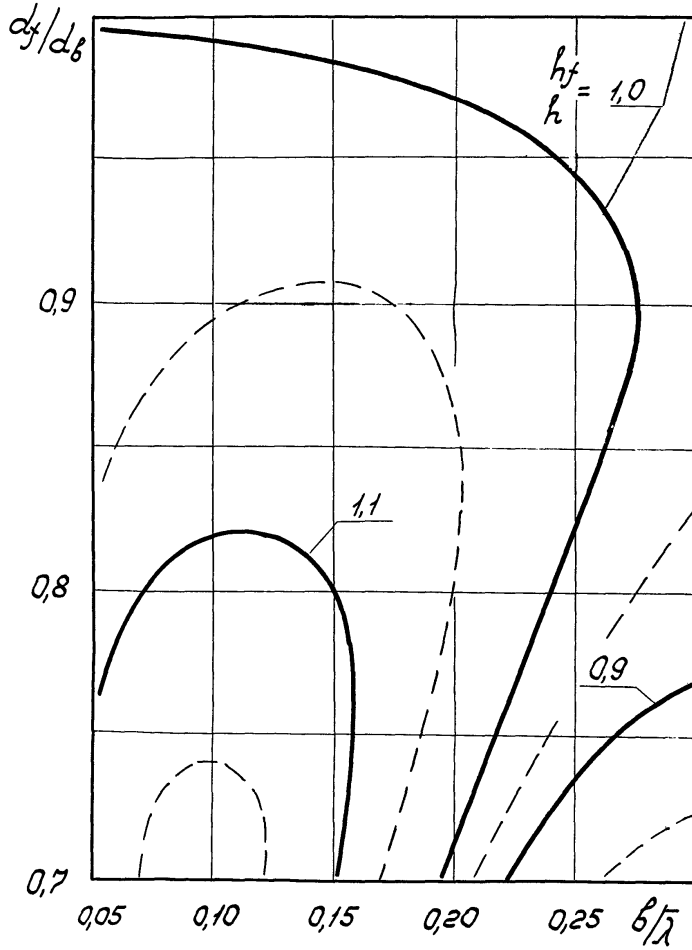

Рис. I.7

Изолинии h_f/h при $\bar{\lambda}/d_e = 10$

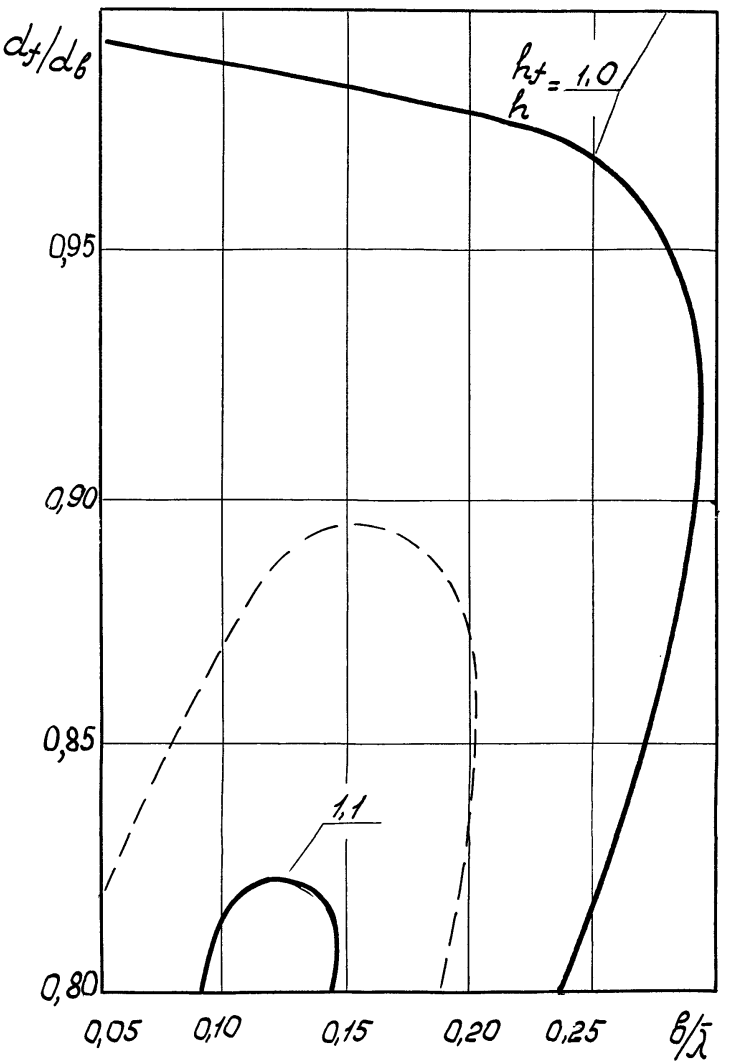

Рис. I.8.

Изолинии h_f/h при $\bar{\lambda}/d_в \geq 12$

отметкой верха и в случае косого подхода волн надлежит вычислять по СНиП 2.06.04-82*. Указанные коэффициенты следует применять к нагрузкам, вычисленным по п.п. I.I - I.3 настоящего РД.

I.5. Отражение волн от сооружения рекомендуется считать полным, донные волновые скорости следует определять по СНиП 2.06.04-82*, используя величины h, $\bar{\lambda}$, d_0 перед постелью и h_f, $\bar{\lambda}_f$, d_f над ней.

2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРУТОНАКЛОННЫЕ СТЕНЫ НА ВЫСОКОЙ КАМЕННОЙ ПОСТЕЛИ

2.I. Горизонтальную и вертикальную составляющие волновой нагрузки со стороны моря надлежит определять по эпюрам волнового давления p_θ, кПа (рис. 2.I), получаемым умножением эпюр, рассчитанных по рекомендациям п.п. I.I – I.3, на коэффициент

$$K_\theta = \cos\left(\frac{2\pi z}{\bar{\lambda}_f} tg\theta\right), \qquad (2.I)$$

в точках

$$z \geq 0, \qquad (2.2)$$

где θ – угол наклона лицевой грани к вертикали. При построении эпюры для определения вертикальной составляющей волновой нагрузки давления p_θ следует относить к точкам с абсциссами

$$x = -z tg\theta . \qquad (2.3)$$

2.2. Вертикальное отклонение η поверхности воды от спокойного уровня у стены следует определять по формуле

$$\eta = -h_{run}\cos\omega t - \frac{k_f h_f^2}{2} cth k_f d_f \cos^2\omega t , \qquad (2.4)$$

где h_{run} – амплитуда вертикальных колебаний уровня у стенки, определяемая по верхнему полю рис. 2.2 в зависимости от θ и kd_B,

k – волновое число на глубине d_B, I/м,

$$k = \frac{2\pi}{\bar{\lambda}}, \qquad (2.5)$$

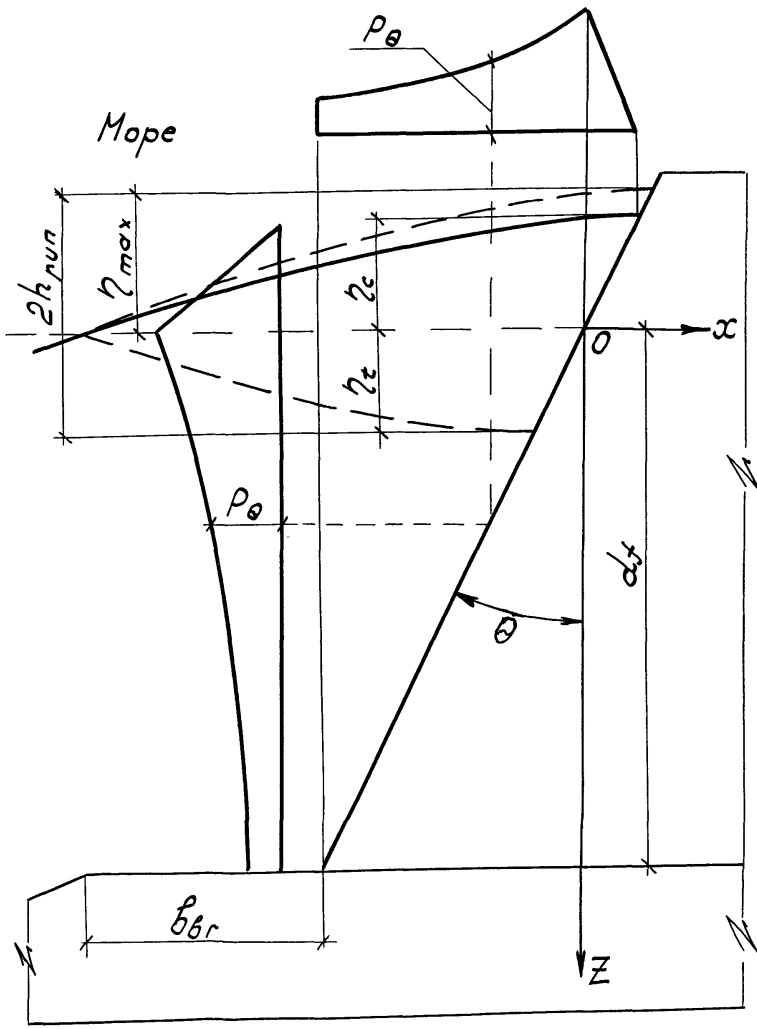

Рис. 2.I

Расчетная схема крутонаклонной стены

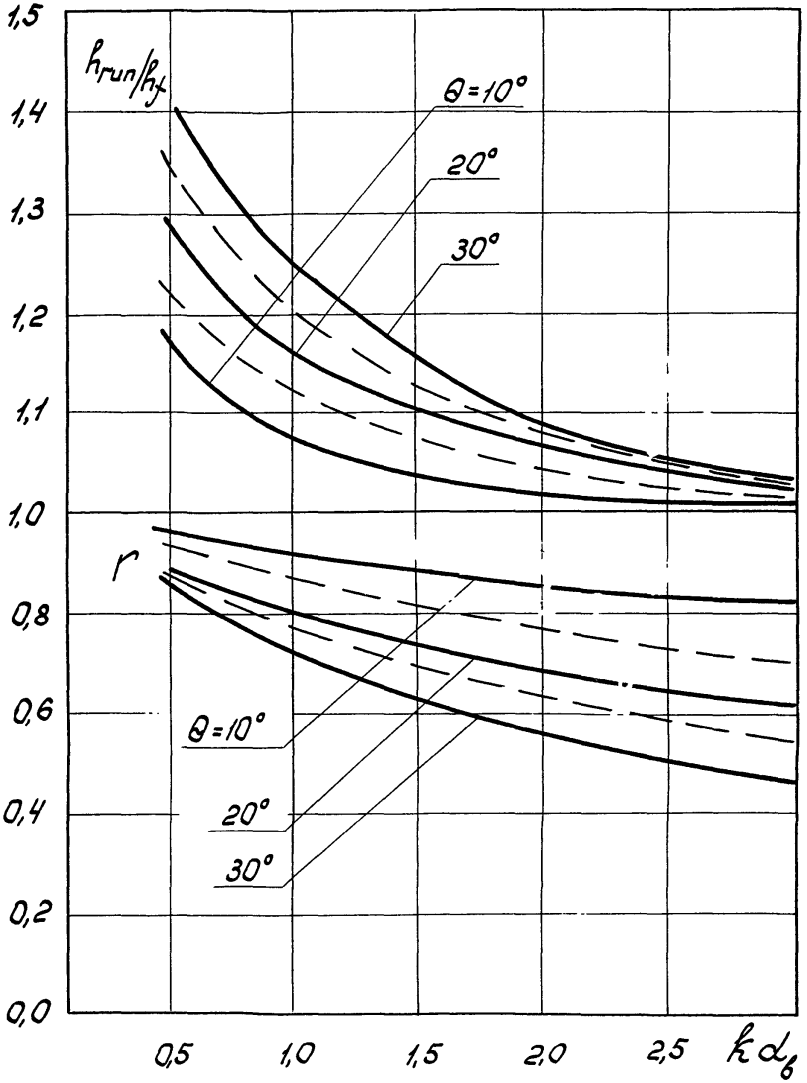

Рис. 2.2

К определению высоты наката и коэффициента отражения

ω - частота волны, I/с,

$$\omega = \frac{2\pi}{\overline{T}} \qquad (2.6)$$

$\overline{T}$ - средний период волны, с,

t - текущее время, с,

k_f - волновое число над бермой сооружения, I/м,

$$k_f = \frac{2\pi}{\lambda_f} \quad . \qquad (2.7)$$

2.3. Взвешивающее давление волны необходимо определять по рекомендациям СНиП 2.06.04-82* с использованием давлений ρ_θ, рассчитанных по п.п. 2.I - 2.2 настоящего РД.

2.4. Горизонтальную составляющую волнового давления скользящей дифрагированной волны со стороны гавани на крутонаклонную стену следует принимать по эпюре, вычисленной по указаниям СНиП 2.06.04-82*, вертикальную составляющую - по рекомендациям п. 2.I настоящего РД.

2.5. В случае сооружения с пониженной отметкой верха либо при нефронтальном подходе волн со стороны моря нагрузки, вычисленные по п.п. 2.I - 2.3 настоящего РД, следует умножать на коэффициенты, определенные по СНиП 2.06.04-82*.

2.6. Для расчета интерференции волн высоту отраженной волны рекомендуется принимать равной rh, где r - коэффициент отражения, определяемый по нижнему полю рис. 2.2 в зависимости от величин θ, kd_s. Донные скорости перед сооружением следует определять по п. I.5 настоящего РД.

Научный руководитель,
Зав. НИЛ МКиПА, к.т.н. А.П.Тюрин

Зав. группой стандартизации А.Ф.Долгая

Отв. исполнитель
зав.сектором, к.т.н. В.В.Бурячок

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(справочное)

П Е Р Е Ч Е Н Ь

использованных нормативно-технических документов

СНиП 2.06.0I-86	Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования.
СНиП 2.06.04-82*	Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(рекомендуемое)

ВОЛНОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТЕНЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА ВЫСОКОЙ КАМЕННОЙ ПОСТЕЛИ, С УЧЕТОМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Настоящий метод определения волновых нагрузок основан на учете гидравлических потерь воновой энергии над выступающей в сторону моря частью каменной постели (см. рис. I.I). Причины потерь - фильтрация воды в теле каменной постели и турбулентность в прилегающем слое воды.

Эпюры волнового давления при подходе со стороны моря (рис. I.I) вершины (эпюра I) и подошвы (эпюра 2) волны рекомендуется строить по требованиям СНиП 2.06.04-82*, принимая в качестве расчетной глубину $d = d_f$, длину волны $\bar{\lambda}$ и высоту h_f, м, определяемую по формуле

$$h_f = h(1 - K_{пр})(1 - K_c) \quad , \qquad (П\ 2.I)$$

где h - высота исходной волны, м, на глубине $d_в$,

$K_{пр}$ - коэффициент, характеризующий долю волновой энергии, отраженной от переднего откоса постели и определяемый по рис. П 2.Iа,

K_c - коэффициент, характеризующий гидравлические потери энергии волны на пути $-b_{вг} \le x \le 0$ и определяемый по рис. П 2.Iб,в,г.

При пользовании рис. П 2.I допускается линейная интерполяция.

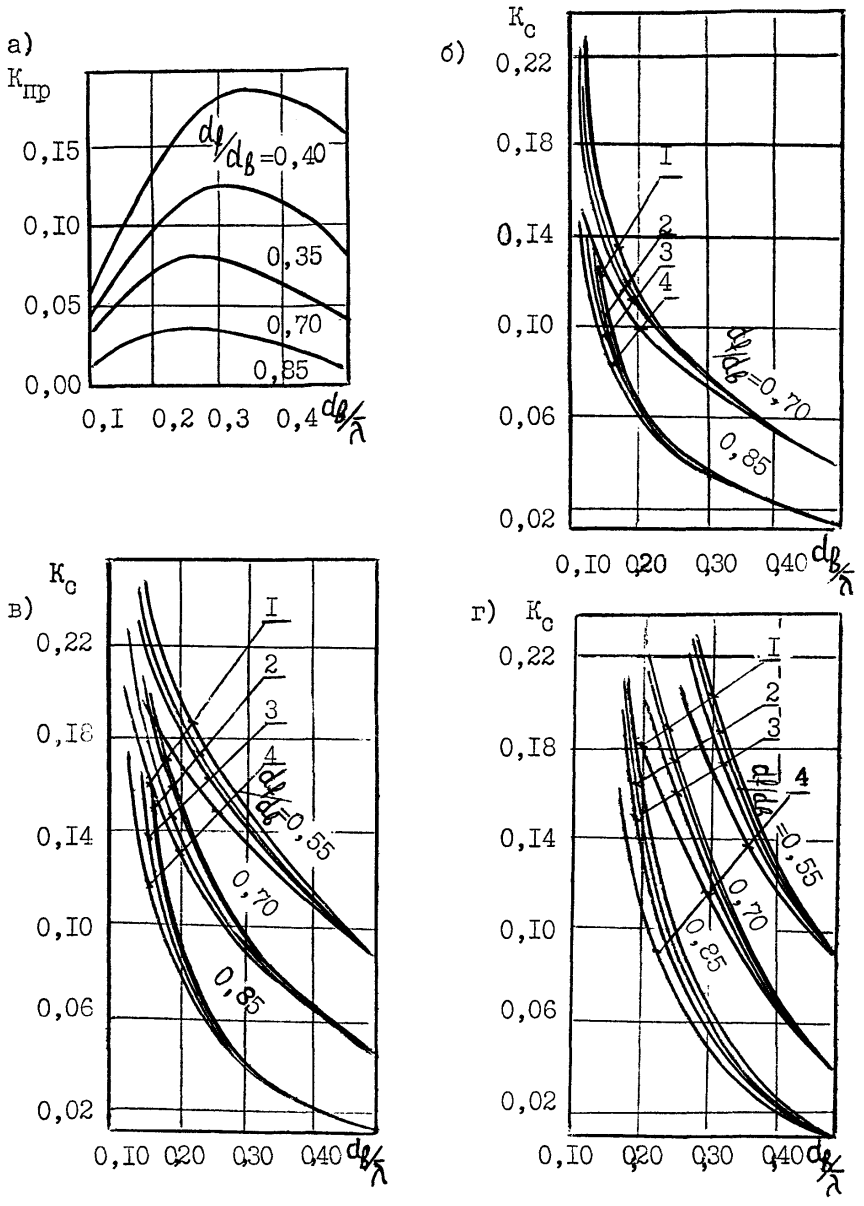

Рис.П 2.I

Рис.П 2.I б,в,г, относятся к крутизне волны h/λ 0,033; 0,050; 0,I00 соответственно; кривые I,2,3,4, на них соответствуют величинам $b_в/\lambda$, равным 0,I25; 0,I00;0,075;0,050.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(справочное)

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример I. Волновые нагрузки на вертикальную стену

Рассчитать эпюры горизонтальных давлений, горизонтальные равнодействующие, моменты относительно основания при фронтальном подходе со стороны моря вершины и подошвы волны к сооружению по рис. I.I при следующих исходных данных: h = 4,4 м, $\bar{\lambda}$ = 60 м, $d_в$ = 20,5 м, $d_f = d_{в.г.}$ = I2,5 м, $b_{в.г.}$ = 4,0 м, $ctg\varphi$ = 2,0. Расчеты выполнить по настоящему РД и по СНиП 2.06.04-82*.

Р е ш е н и е. Вычисляем $\bar{\lambda}/d_в = \frac{60}{20,5} = 2,93$, $d_f/d_в = \frac{I2,5}{20,5} = 0,6I$ и по рис. I.2 определяем $\bar{\lambda}_f/\bar{\lambda}$ = = 0,94, λ_f = 0,94 x 60 = 56,4 м. По формуле (I.I) находим

$$B = 4,0 + 0,5(20,5 - I2,5) \times 2 = I2,0 \text{ м},$$

так что $B/\bar{\lambda} = \frac{I2}{60} = 0,2$. Учитывая, что $\bar{\lambda}/d_в = 2,93$, определяем h_f/h по рис. I.3, I.4 (т.е. для $\bar{\lambda}/d_в$, равного 2 и 4). В первом случае получаем I,03, во втором - 0,85, а по линейной интерполяции

$$\frac{h_f}{h} = 0,94.$$

Значит, h_f = 0,94 x 4,4 = 4,I4 м.

Расчетная глубина d согласно п. I.I СНиП равна I6,5 м. Таким образом, для расчетов по РД принимаем h = 4,I4 м, $\bar{\lambda}$ = = 56,4 м, d = I2,5 м, для расчетов по СНиП - h = 4,4 м, $\bar{\lambda}$ = 60,0 м, d = I6,5 м. В обоих случаях экстремальные отметки уровня определяются по упрощенной формуле (2) СНиП

$$\eta_{c,t} = \mp h - \frac{kh^2}{2} cthkd \quad ,$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

но в случае РД она дает

$$z_c = -5{,}22 \text{ м}, \quad z_t = 3{,}06 \text{ м},$$

а в случае СНиП –

$$z_c = -5{,}48 \text{ м}, \quad z_t = 3{,}32 \text{ м}.$$

Дальнейшие расчеты ведем по п. I.4 СНиП, принимая для расчетов по РД $\bar{\lambda}/d = \frac{56{,}4}{12{,}5} = 4{,}51$, по СНиП $\bar{\lambda}/d = \frac{60}{16{,}5} = 3{,}64$ при примерно равной крутизне $h/\bar{\lambda} = \frac{4{,}14}{56{,}1} = \frac{4{,}40}{60} = 0{,}073$.

Результаты расчетов давления сводим в таблицу.

Таблица П 3.1

Волновые давления, кПа, на разных аппликатах z

z, м	Вершина волны		Подошва волны	
	РД	СНиП	РД	СНиП
– 5,48	–	0,0	–	–
– 5,22	0,0	–	–	–
0,00	26,8	27,2	0,0	0,0
3,06	–	–	-30,0	–
3,13	20,3	(20,7)	–	–
3,32	–	–	–	– 32,7
4,13	(18,7)	18,6	–	–
6,25	15,4	(16,1)	– 23,6	(– 27,1)
8,25	(14,3)	13,8	(– 22,7)	– 23,3
12,50	12,2	12,2	– 20,7	– 21,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

Для сопоставления давлений, полученных разными способами, на одинаковых аппликатах в таблице приведены цифры в скобках, полученные линейной интерполяцией. Видно близкое совпадение. Равнодействующие, подсчитанные как площади эпюр, составили по РД P_{xc} = 285,5 кН/м, P_{xt} = – 272,0 кН/м, по СНиП соответственно 291,0 кН/м, минус 287,3 кН/м. Моменты указанных равнодействующих, подсчитанные как статические моменты площадей эпюр относительно основания z = 12,5 м, составили по РД M_{xc} = 2523 кН, M_{xt} = – 1616 кН, по СНиП соответственно 2619 кН и минус 1707 кН. Расчет по предлагаемой методике в условиях данного примера дает снижение нормативных нагрузок до 5%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

Пример 2. Волновые нагрузки на крутонаклонную стену

Определить горизонтальную и вертикальную составляющие равнодействующей волнового давления и момент от неё относительно тылового ребра основания при фронтальном подходе к сооружению по рис. 2.I со стороны моря вершины волны. Угол θ равен 30^0, ребра основания стены имеют абсциссы минус 7,2 м (морское ребро) и 6,8 м (тыловое ребро), остальные исходные данные принять по примеру I.

Р е ш е н и е. Из примера I заимствуем величины h_f = 4,I4 м, λ_f = 56,4 м, с использованием формул (2.5), (2.7) вычисляем

$$k_f = \frac{6,28}{56,4} = 0,III, \qquad k = \frac{6,28}{60} = 0,I05,$$

$$kd_в = 2,I5, \qquad k_f d_f = I,39.$$

По верхнему полю рис. 2.2 находим h_{run}/h_f = I,I7, так что h_{run} = 4,I4 x I,I7 = 4,84 м. Формула (2.4) при $\cos\omega t$ = I дает

$$\eta_c = - 4,84 - \frac{0,III \times 4,I4^2}{2} \operatorname{cth} I,39 = - 5,73 \text{ м}.$$

Расчеты эпюры давлений p_θ с использованием формулы (2.I) и первых двух колонок табл. П 3.I сведем в табл. П 3.2.

Видно, что давления снижены в среднем на I0%. Расчет площади вертикальной эпюры p_θ и статического момента её относительно основания дает P_{xc} = 274,7 кН/м, M_{xc} = 2572 кН. При этом горизонтальная составляющая равнодействующей отстоит от основания на

$$H_x = \frac{2572}{274,7} = 9,36 \text{ м}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

Таблица П 3.2

z, м	p, кПа	$\frac{2\pi z}{\lambda_f} tg\theta$	K_θ	p_θ, кПа
- 5,73	0,0	-	-	0,0
0,00	26,8	0,00	I,00	26,8
3,I3	20,3	0,20	0,98	I9,9
6,25	I5,4	0,40	0,92	I4,2
I2,50	I2,2	0,80	0,70	8,5

Вертикальная, направленная вниз, составляющая равна

$$P'_{zc} = P_{xc} tg\theta = 274,7 \times tg\ 30^\circ = I58,6 \text{ кН/м}$$

и отстоит от морского ребра основания на

$$H_x tg\theta = 9,36 \times tg\ 30^\circ = 5,40 \text{ м}$$

или на 8,6 м от тылового ребра (ширина основания a = I4 м). Таким образом, вертикальная составляющая дает относительно тылового ребра удерживающий момент

$$M'_{zc} = - I58,6 \times 5,40 = - I364 \text{ кН.}$$

Равнодействующая от взвешивающего давления, распределенного по треугольнику с максимальной интенсивностью 8,5 кПа, равна

$$P''_{zc} = -8,5 \times \frac{I4}{2} = - 59,5 \text{ кН/м,}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

направлена вверх и дает относительно тылового ребра опрокидывающий момент

$$M''_{zc} = 59,5 \times \frac{2}{3} \times 14 = 556 \text{ кН}.$$

Итак, горизонтальная составляющая равнодействующей равна 274,7 кН/м, вертикальная -

$$158,6 - 59,5 = 99,1 \text{ кН/м},$$

а суммарный опрокидывающий момент относительно тылового ребра основания -

$$2572 - 1364 + 556 = 1764 \text{ кН}.$$

Руководство $\frac{\text{П 58-76}}{\text{ВНИИГ}}$ предлагает для условий этого примера принимать $K_\partial = 1$, а расчеты эпюр волнового давления выполнять по СНиП II-57-75 (современная редакция - СНиП 2.06.04-82*). Первое предложение ведет к завышению волновых нагрузок на 10%, второе - почти на 5% (см. конец примера 1), так что в целом нагрузки будут завышены на 12 - 15%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

Пример 3. Волновые нагрузки на вертикальную стену с учетом гидравлических потерь.

Повторить расчет, изложенный в примере I по Приложению 2 к настоящему РД.

Р е ш е н и е . Заимствуем из примера I значения $d_f/d_в$ = = 0,6I, d = I2,5 м, вычисляем $d_в/\bar{\lambda} = \frac{20,5}{60} = 0,34$, $h/\bar{\lambda}$ = = $\frac{4,4}{60}$ = 0,074. По рис. П 2.I с линейной интерполяцией в пределах графиков и между рис. 2.Iб,в находим K_c = 0,II, $K_{пр}$ = 0,I, а по формуле (П. 2.I) -

$$h_f = 4,4(I - 0,I)(I - 0,II) = 3,54 \text{ м}.$$

Упрощенная формула (2) СНиП 2.06.04-82* дает:

$$\eta_c = - 4,30 \text{ м}, \quad \eta_t = 2,78 \text{ м}.$$

Искомые эпюры волновых давлений определяем по СНиП 2.06.04-82* при d = I2,5 м, $\bar{\lambda}/d = \frac{60}{I2,5} = 4,80$, $h/\bar{\lambda} = \frac{3,54}{60} = 0,059$.

Результаты расчетов сведем в таблицу П 3.3, перенеся нормативные данные из табл. П 3.I. В ней по-прежнему в скобках приводятся результаты по интерполяции.

Таблица П 3.3

Волновые давления, кПа, на разных аппликатах z

z, м	Вершина волны		Подошва волны	
	РД	СНиП	РД	СНиП
I	2	3	4	5
- 5,48	-	0,0	-	-
- 4,30	0,0	-	-	-
0,00	25,9	27,2	0,0	0,0
2,78	-	-	-27,4	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(продолжение)

Продолжение таблицы П 3.3

I	2	3	4	5
3,I3	20,0	(20,7)	-	-
3,32	-	-	-	-32,7
4,I3	(I7,I)	I8,6	-	-
6,25	I4,3	(I6,I)	(-22,8)	-27,I
8,25	(I3,I)	I3,8	(-2I,8)	-23,3
I2,50	II,2	I2,2	-I8,9	-2I,5

Равнодействующие по СНиП 2.06.04-82* остались прежними: P_{xc} = 29I,0 кН/м, P_{xt} = -287,3 кН/м. По РД расчеты с использованием данных табл. П 3.3 дают: P_{xc} = 28I,3 кН/м, P_{xt} = -244,6кН/м. Моменты равнодействующих относительно основания составили по СНиП M_{xc} = 26I9 кН, M_{xt} = - I707 кН, по РД соответственно 2I6Iкн, минус I542 кН. Расчет по методике Приложения 2 дает снижение нормативных нагрузок на 7-I8%.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Вводная часть	I
I. Нагрузки и воздействия на вертикальные стены на высокой каменной постели	2
2. Нагрузки и воздействия на крутонаклонные стены на высокой каменной постели	I2
Приложение I (справочное). Перечень использованных нормативно-технических документов	I6
Приложение 2 (рекомендуемое). Волновые нагрузки на вертикальные стены, расположенные на высокой каменной постели, с учетом гидравлических потерь	I7
Приложение 3 (справочное). Примеры расчета	I9

gost.e-ecolog.ru