

**МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР**

**УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ПОДПРИЧАЛЬНОГО ОТКОСА  
И ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ  
НАБЕРЕЖНЫХ-ЭСТАКАД,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ  
ИНТЕНСИВНОМУ ВОЛНЕНИЮ**

**РД 31.31.43-86**

**Москва 1988**

РАЗРАБОТАН

Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта ("СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ") - Одесским филиалом "ЧЕРНОМОРНИИПРОЕКТ"

Зам. главного инженера	- В.А. Стецук
Руководитель группы стандартизации	- А.И. Долгая
Заведующий лабораторией морских каналов и портовых акваторий, канд. техн. наук	- А.П. Тюрин
Руководитель разработки	- Г.И. Елисеев
Исполнитель	- В.А. Григоренко

УТВЕРЖДЕН

Распоряжением Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта "Союзморниипроект" № 77 от 27 ноября 1986 г.

УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПОДПРИ-  
 ЧАЛЬНОГО ОТКОСА И ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ  
 НАБЕРЕЖНЫХ-ЭСТАКАД, ПОДВЕРЖЕННЫХ ИН-  
 ТЕНСИВНОМУ ВОЛНЕНИЮ

РД 31.31.43 - 86

Вводится впервые

Срок введения в действие  
 установлен с 1 июля 1987 г.

Настоящие Указания устанавливают специальные требования к проектированию (расчету на воздействие волн и конструированию) подпричальных откосов, а также тыловых сопряжений набережных-эстакад и пирсов сквозной конструкции морских портов и судоремонтных заводов, расположенных на акваториях с расчетными элементами волн  $3,0 \geq h_{1\lambda} \geq 1,0$  м и  $100 \geq \bar{\lambda} \geq 30$  м.

Общие требования к проектированию указанных сооружений при статическом уровне установлены ВСН 3-80  
Минморфлот, соответствующими главами строительных норм и правил, другими действующими нормативно-техническими документами, приведенными в приложении I.

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

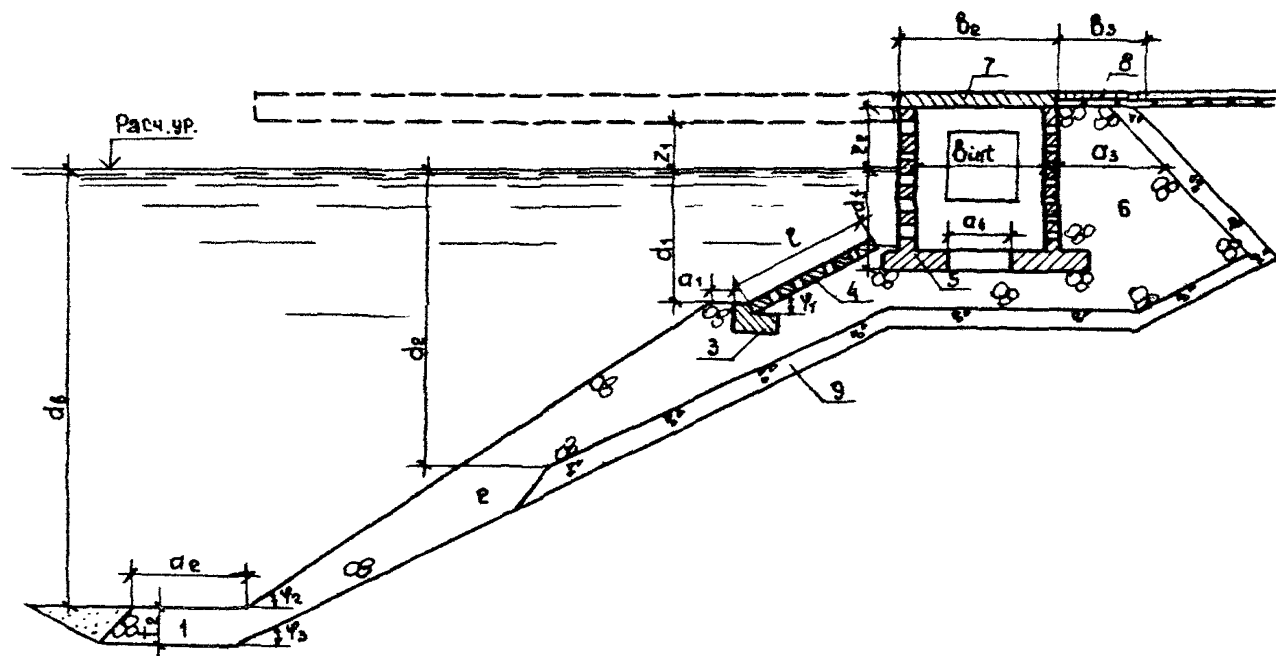
I.1. Рекомендуются следующие типы тылового сопряжения и крепления подпричального откоса:

тип 1 - волногасящий короб с призмой из несортированного камня (рис. I.1);

тип 2 - перфорированная стенка уголкового профиля (контрфорсный блок) с развитой призмой из камня различной массы (рис. I.2);

тип 3 - сплошная стенка с призмой из несортированного кам-

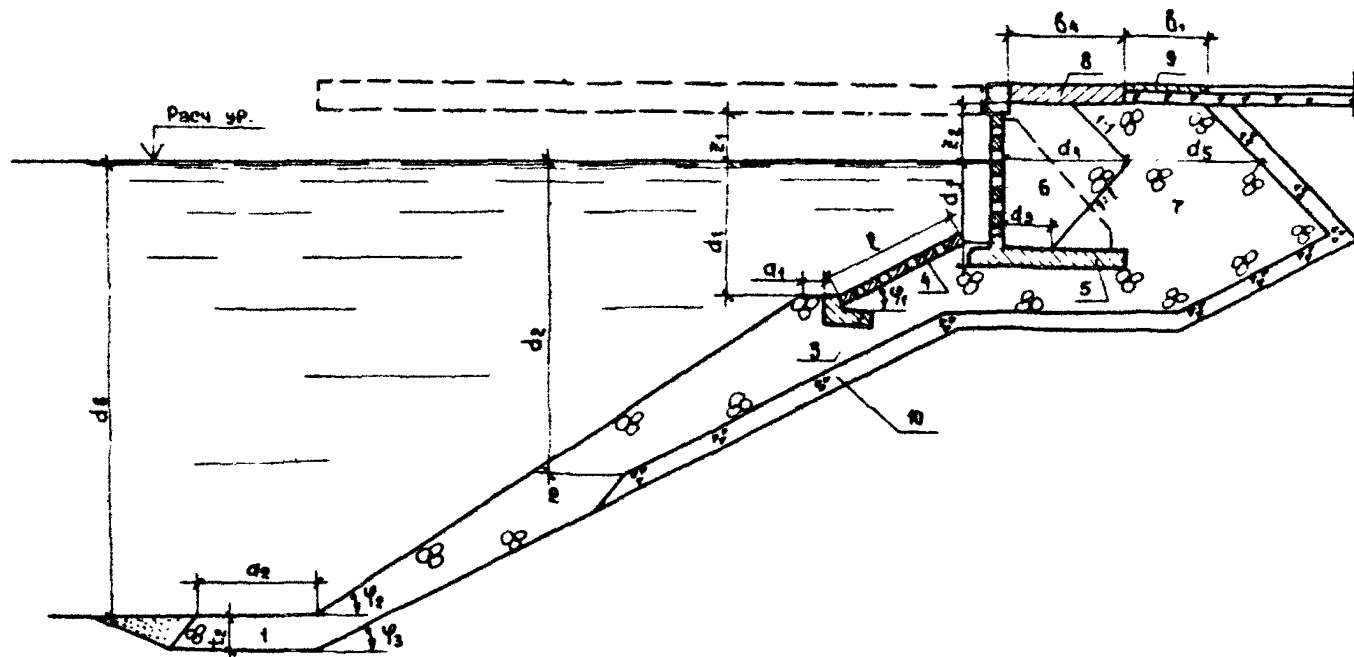
Схема подпорочного откоса и тилового сопряжения по типу I



- 1- упорная призма; 2-каменный откос; 3-фигурный массив (упор); 4-щелевая плита I;  
5- водоотводящий короб; 6-разгрузочная призма из несортированного камня; 7- плита 2;  
8- плита 3; 9- обратный фильтр

Рис. I.I

Схема подпирочного откоса и тылового сопряжения по типу 2



- 1-упорная призма, 2-каменный откос; 3-фигурный массив (упор);  
 4-щелевая плита; 5-решетчатая уголовая стенка (контрфорсный блок);  
 6-призма из сортированного камня; 7-призма из несортированного камня;  
 8-плита 4; 9-плита 3; 10-обратный фильтр

Рис. I.2

ня (рис. I.3).

I.1.1. Верхнюю часть каменного откоса следует укреплять щековыми плитами I, а территорию в пределах сопряжения - специальными плитами 2, 3 и 4.

I.1.2. Расчет и конструирование волногасящего короба, контрфорсного блока, плит I-4 и упора 3 следует выполнять в соответствии с требованиями главы СНиП 2.03.01-84.

I.1.3. Изготовление волногасящего короба и контрфорсного блока рекомендуется производить из отдельных элементов (фундаментной плиты, перфорированных стенок, контрфорса), а их сборку и стыковку - на монтажной площадке.

I.2. На контакте каменной наброски подпирчального откоса, постели и разгрузочной призмы с грунтовым откосом и засыпкой территории следует предусмотреть обратные фильтры.

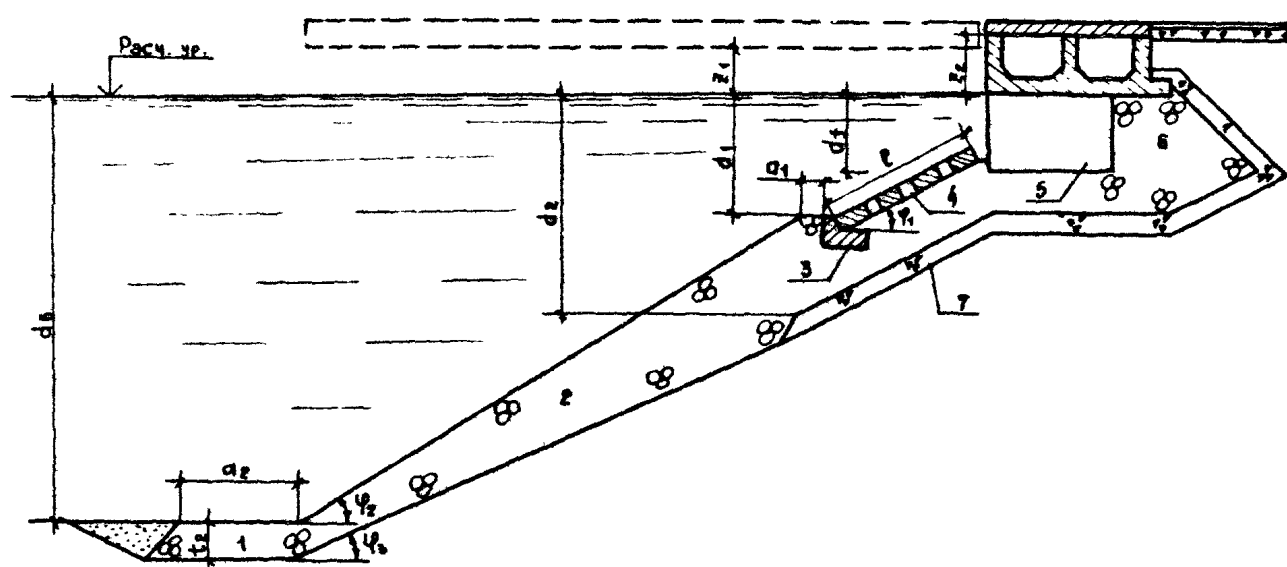
I.3. Рекомендуемая область применения конструкций по типам I-3 приведена в табл. I.1.

Таблица I.1

Тип конструкции	Элементы волн, м		Возвышение низа раст- верка над расчетным уровнем	Возвышение низа плит сопряжения над расчет- ным уровнем	Глубина воды
	$h_{I\%}$	$\bar{\lambda}$	$Z_1, \text{ м}$	$Z_2, \text{ м}$	$d_s, \text{ м}$
I	1,5-3,0	50-100	$\geq 0,5 h_{I\%}$	$\geq 0,6 h_{I\%}$	$\geq 3 h_{I\%}$
2	1,0-2,0	50- 80	$\geq 0,5 h_{I\%}$	$\geq 0,6 h_{I\%}$	$\geq 3 h_{I\%}$
3	1,0-1,5	30- 80	$\geq 0,5 h_{I\%}$	$\geq 0,6 h_{I\%}$	$\geq 3 h_{I\%}$

I.4. Размеры и масса волногасящего короба и контрфорсного блока должны определяться из статического расчета подпорной стенки с учетом требований настоящего РД.

Схема подпорочного откоса и тылового сопряжения по типу 3



1-упорная призма; 2-каменный откос; 3-фигурный массив (упор); 4-щелевая плита 1;  
5-массивная стенка; 6-призма из несортированного камня; 7-обратный фильтр

Рис. I.3

1.5. Призма 6 по типу 2 должна выполняться из сортированного камня массой 100–500 кг, а откос 2 (от дна до упора 3) по типам 1–3 из камня массой 15–100 кг. В остальных призмах допускается применение несортированного камня массой 15–50 кг.

1.6. В узле перекрытия зазора между тыловым сопряжением и ростверком астакады необходимо предусмотреть перфорированную плиту (решетку) по схеме на рис. 1.4. При высоте волны  $h_{1,2} > 0,0$  м металлическую решетку рекомендуется прикрепить болтами к ростверку и плитам сопряжения.

1.7. При определении высоты волны с учетом ее отражения от набережной-астакады  $h_{дф,г}$ , м, в данной точке акватории по СНиП 2.06.04-82 коэффициент отражения  $K_{отр,i}$  следует принимать по табл. 1.2.

Таблица 1.2

Пологость волны $\frac{\bar{h}}{h}$		20	40	60	80
Коэффициент $K_{отр,i}$	для типа 1	0,15	0,20	0,25	0,30
	для типа 2	0,30	0,35	0,40	0,45
	для типа 3	0,56	0,64	0,72	0,80

1.8. Выбор конструкции подпирчального откоса и тылового сопряжения должен производиться на основании технико-экономического сравнения разрабатываемых технических решений для условий проектируемого сооружения.

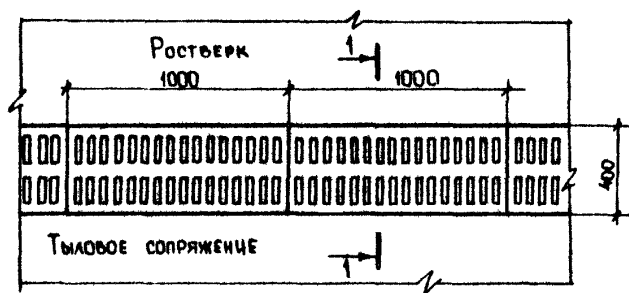
## 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПИРЧАЛЬНОГО ОТКОСА

2.1. Грунтовый откос с углом  $\varphi_s$  под ростверком следует защищать наброской из несортированного камня массой 15–100 кг



Схема перекрытия зазора между тыловым  
сопряжением и ростверком

План



1-1

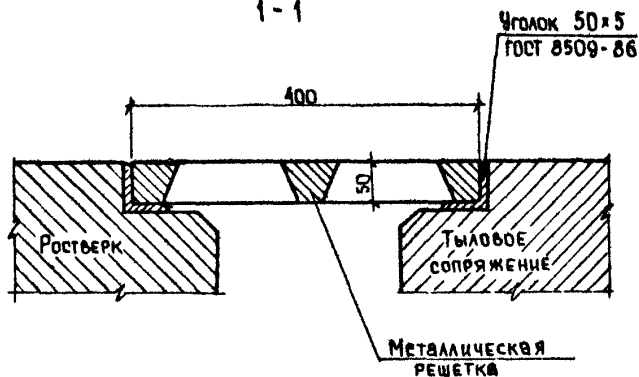


Рис. I.4

(средневзвешенная масса камня  $m_{\text{шт}} \approx 40$  кг).

2.2. Крепление подпирчального откоса (см. рис. I.I-I.3) состоит из каменной упорной призмы I, каменного откоса 2, упора 3 и щелевых плит 4.

2.3. Заложение каменного откоса 2 (от дна до глубины  $d_1$ ) следует назначить по табл. 2.I.

Таблица 2.I

Элементы волн, м		Значение $\text{ctg } \varphi_2$
$h_{I\%}$	I	
1,0 - 1,5	30 - 80	1,3 - 1,5
1,5 - 2,0	50 - 80	1,5 - 2,0
2,0 - 3,0	50 - 100	2,0 - 2,5

Примечание.  $\varphi_2$  - угол наклона каменного откоса к горизонту, град.

2.4. Глубину нижней границы крепления щелевых плит I на откосе  $d_1$ , м, для конструкций типа I и 2 рекомендуется определять по формуле

$$d_1 = 2,4 \frac{h_{I\%}}{\text{ctg } \varphi_2} \sqrt[3]{\frac{I}{d_1}} - 3, \quad (2.1)$$

где  $d_1$  - глубина основания короба (стенки) сопряжений в м, определяемая по формуле

$$d_1 = 0,4 h_{I\%} \left( \frac{I}{h_{I\%}} \right)^{0,3}. \quad (2.2)$$

2.5. Глубина нижней границы крепления щелевых плит I на откосе  $d_1$ , м, в сопряжении по типу 3 определяется по формуле (2.1) с увеличением глубины  $d_1$  на 30 %.

2.6. Толщину щелевых плит  $t_1$ , м, от глубины  $d_1$  до фун-

даментной плиты короба (стенки) рекомендуется определять по формуле

$$t_1 = K \frac{h_{12}}{\cos \psi_1} \frac{\rho}{\rho_{m1} - \rho} \sqrt[3]{\frac{\bar{I}}{l}}, \quad (2.3)$$

где  $K$  - коэффициент, принимаемый равным 0,07 для сопряжения по типам I и 2 и 0,12 для типа 3;

$\psi_1$  - угол наклона плит I к горизонту, град;

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

$\rho_{m1}$  - плотность материала плит, т/м<sup>3</sup>;

$l$  - длина ребра плиты в направлении, нормальном к урезу воды, м.

Примечание к пп. 2.4-2.6. Формулы (2.1)-(2.3) следует применять при следующих условиях:  $3,0 \geq h_{12} \geq 1,0$  м;  $100 \geq \bar{I} \geq 30$  м;  $\frac{\bar{I}}{h} = 15 - 100$ ;  $\operatorname{ctg} \psi_1 = 1,5 - 2,5$ ;  $\operatorname{ctg} \psi_2 = 1,25 - 2,5$ ;  $l = 2,0 - 3,4$  м.

2.7. Площадь щелей (перфорацию) в плитах I следует принимать от 10 до 20 % от площади плиты, а ширину щелей  $b_1 = 0,10 - 0,15$  м для рядового камня массой 15-100 кг.

2.8. При необходимости применения под плитами I камня других фракций (п. 2.1) ширина щелей в них должна удовлетворять условию

$$b_1 \leq 0,7 D_{min}, \quad (2.4)$$

где  $D_{min}$  - диаметр камня в м, определяемый по формуле

$$D_{min} = \sqrt[3]{\frac{m_{min}}{0,524 \rho_{m2}}}, \quad (2.5)$$

где  $m_{min}$  - минимальная масса камня, т;

$\rho_{m2}$  - плотность камня, т/м<sup>3</sup>.

2.9. У основания щелевых плит необходимо установить фигур-

ный массив (упор) шириной 1,0-1,5 м и высотой 0,7-1,0 м.

2.10. Под щелевыми плитами предусматривается тщательное, а под упором весьма тщательное выравнивание камня.

2.11. Перед упором на глубине  $d_1$  выполняется берма размером  $a_1 = 0,6$  м из камня массой 15-100 кг (средневзвешенная масса  $m_{mc} \geq 40$  кг).

2.12. Глубину нижней границы обратного фильтра  $d_2$ , м, на контакте каменной наброски и грунтового откоса рекомендуется принять  $d_2 = 4 h_{1\%}$ , но не более  $d_3$ .

2.13. У основания каменной наброски откоса устраивается упорная призма из рядового камня. Наименьшие размеры призмы:  $a_2 = 3,0$  м;  $l_2 = 1,0$  м.

2.14. При применении сплошных плит на откосе толщину  $t_1$ , определяемую по формуле (2.3), следует увеличить вдвое.

2.15. Максимальную донную скорость  $V_{dmax}$ , м/с, перед сооружением рекомендуется определять по формуле:

$$V_{dmax} = \frac{K_{iz} K_{\alpha} \bar{\alpha} h_{гх}}{\sqrt{\frac{1}{g} \frac{1}{\sin \frac{4\pi}{d_f}}}}, \quad (2.6)$$

где  $K_{iz}$  - коэффициент интерференции волн, принимаемый по табл. 2.2;

$K_{\alpha}$  - коэффициент, принимаемый по СНиП 2.06.04-82<sup>х</sup>;

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

$d_f$  - глубина воды перед сооружением, м.

Таблица 2.2

Пологость волны $\frac{\bar{\lambda}}{h}$		20	40	60	80
Коэффициент $K_{iz}$	для типа I	1,15	1,20	1,25	1,30
	для типа 2	1,30	1,35	1,40	1,45
	для типа 3	1,56	1,64	1,72	1,80

### 3. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ I

3.1. Тыловое сопряжение по типу I (см. рис. I.1) состоит из волногасящего короба с каменной призмой за ним, каменной постели, покрытия территории плитами 2 и 3, обратного фильтра и грунтовой засыпки. Короб представляет собой пустотелый массив с камерой гашения и включает фундаментную плиту с проемом, лицевую и тыловую перфорированные стенки и боковые стенки с проемами.

3.2. Глубину основания волногасящего короба  $d_f$ , м, следует принять по формуле (2.2).

3.3. Ширину короба  $b_{int}$ , м, рекомендуется определять по формуле

$$b_{int} = (0,04 - 0,06) \bar{\lambda}. \quad (3.1)$$

3.4. Площадь проема в фундаментной плите короба должна составить 20-25 % от площади плиты. Размер  $a_4$ , м, рекомендуется определять по формуле

$$a_4 = 0,5 b_{int}. \quad (3.2)$$

3.5. Площадь перфорации в виде горизонтальных щелей или круглых (квадратных) отверстий в лицевой стенке короба должна составлять 25-30 % от площади стенки. Ширину щелей в стенке  $b_2$ , м, следует определять по формуле

$$b_2 = a \sqrt{h_{1,2}}. \quad (3.3)$$

а диаметр круглых или стороны квадратных отверстий,  $D_r$ , м

$$D_r = 0,2 h_{1,2} \left( \frac{\bar{\lambda}}{h_{1,2}} \right)^{0,1}. \quad (3.4)$$

3.6. Площадь перфорации в тыловой стенке короба следует принять равной 10-15 % от площади стенки. Перфорацию в стенке

принять в виде горизонтальных или вертикальных щелей, круглых или квадратных отверстий. Ширину щелей  $b_i$ , м, и диаметр отверстий  $D_i$ , м, в стенке определять по формулам (2.4) и (2.5).

3.7. В боковых стенках короба необходимо предусмотреть проемы квадратной или прямоугольной формы. Площадь  $A$ , м<sup>2</sup>, проема в стенке рекомендуется определять

$$A = 0,2 b_{\text{ст}} (Z_2 - a_f), \quad (3.5)$$

где  $Z_2$  - возвышение низа плиты 2 над расчетным уровнем, м.

3.8. Минимальную ширину разгрузочной призмы за коробом  $a_3$ , м, на расчетном уровне рекомендуется назначить

$$a_3 = (1,0 - 1,5) h_{1x}. \quad (3.6)$$

3.9. Горизонтальные и вертикальные линейные нагрузки и эпюры волнового давления на элементы волногасящего короба и покрытия территории должны определяться по схемам на рис. 3.1.

3.10. Вертикальную линейную нагрузку  $P_{1c}$ , кН/м, на фундаментную плиту и горизонтальную линейную нагрузку  $P_{1c}$ , кН/м, на тыловую перфорированную стенку короба от действия волн (см. рис. 3.1а) необходимо принимать по эпюрам волнового давления, при этом величины  $p$ , кПа, и  $\eta_c$ , м, следует определять по формулам:

$$p_1 = 0,04 \rho g h_{1x} \sqrt{\frac{1}{a_1}}; \quad (3.7)$$

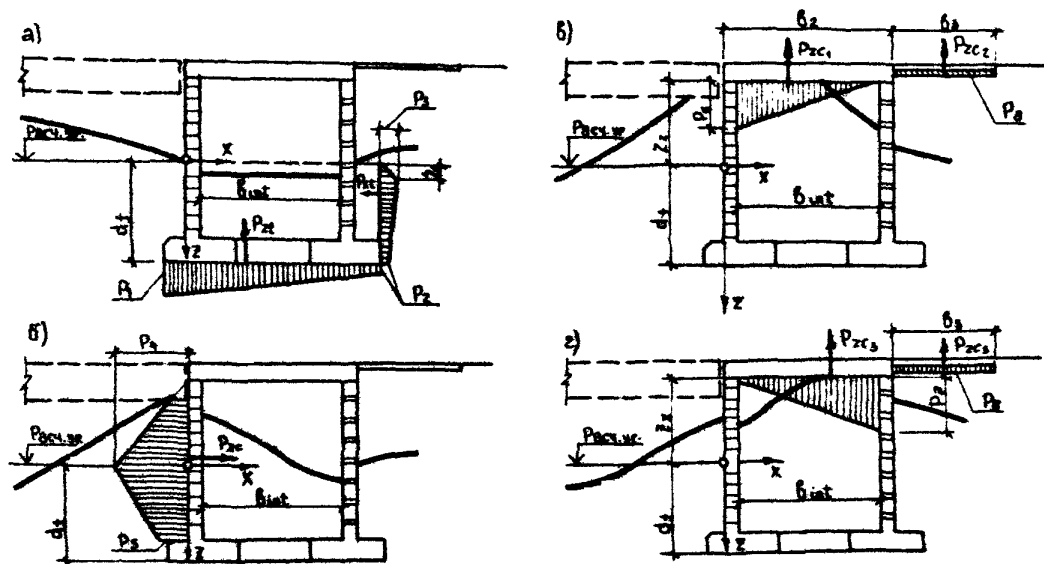
$$p_2 = 0,2 p_1; \quad (3.8)$$

$$p_3 = 0,7 p_1; \quad (3.9)$$

$$\eta_c = 7,5 \cdot 10^{-4} h_{1x} \left( \frac{1}{a_1} \right)^{1,5} \quad (3.10)$$

3.11. Горизонтальную линейную волновую нагрузку  $P_{1c}$ , кН/м, на лицевую перфорированную стенку короба (см. рис. 3.1б) необ-

Расчетные схемы опор волнового давления на элементы талового сопряжения по типу I



а) на фундаментную плиту и тыловую стенку короба; б) на лицевую стенку короба; в) и г) - на плиты 2 и 3

Рис. 3.1

ходимо принимать по эпюре волнового давления, при этом величины  $\rho$ , кПа, следует определять по формулам:

$$\rho_4 = 0,013 \rho g h_{1\%} \left( \frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} \right)^{1,2}; \quad (3.11)$$

$$\rho_5 = 0,9 \rho_4. \quad (3.12)$$

3.12. Вертикальные линейные нагрузки  $P_{2c1}$  и  $P_{2c2}$ , кН/м, на плиту 2 от действия волн (см. рис. 3.1в и 3.1г) необходимо принимать по эпюрам волнового давления, при этом величины  $\rho$ , кПа, следует определять по формулам:

$$\rho_6 = \rho g \left( 0,35 h_{1\%} \ln \frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} - Z_2 \right); \quad (3.13)$$

$$\rho_7 = 1,1 \rho_6. \quad (3.14)$$

где  $Z_2$  - возвышение низа плиты 2 над расчетным уровнем, м.

3.13. Ширину плиты 3 рекомендуется принять  $b_3 = 2,0-3,5$  м. В плите следует предусмотреть сквозные отверстия диаметром 4-5 см и площадью, равной 0,5 % от площади плиты.

3.14. Вертикальную линейную нагрузку  $P_{3c2}$ , кН/м, на плиту 3 от действия компрессионного давления воздуха (см. рис. 3.1в и 3.1г) необходимо принимать по эпюре давления, при этом ординату  $\rho_i$ , кПа, следует определять по формуле

$$\rho_i = 0,8 K \rho g (0,26 h_{1\%} - 0,07), \quad (3.15)$$

где  $K$  - коэффициент, принимаемый по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Ширина плиты $b_3$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5
Коэффициент $K$	0,84	0,80	0,76	0,72



#### 4. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ 2

4.1. Тыловое сопряжение по типу 2 (см. рис. 1.2) состоит из перфорированной стенки уголкового профиля (контрфорсного блока) с развитой призмой из сортированного и рядового камня за ней, каменной постели, железобетонных плит 4 и 3, обратного фильтра и грунтовой засыпки. Контрфорсный блок состоит из фундаментной плиты, лицевой перфорированной стенки и двух контрфорсов.

4.2. Глубину основания блока следует определять по формуле (2.2).

4.3. Площадь перфорации в виде горизонтальных щелей в стенке следует принимать равной 25–30 % от площади стенки.

4.4. За перфорированной стенкой необходимо выполнить призму из сортированного камня массой от 100 до 500 кг,

Ширину призмы следует принять:

на фундаментной плите  $a_3 \geq 1,0$  м;

на расчетном уровне  $a_4$  , м,

$$a_4 = (1,5 - 2,0) / h_{1\%} . \quad (4.1)$$

4.5. Ширину щелей в перфорированной стенке следует определять по формулам (2.4) и (2.5).

4.6. За призмой из сортированного камня (п. 4.4) необходимо выполнить отсыпку из несортированного камня ( $m = 15-100$  кг).

Ширина призмы на расчетном уровне  $a_5 \geq h_{1\%}$  .

4.7. Ширину плиты 4  $b_4$  , м, следует определять по формуле

$$b_4 = 0,3 h_{1\%} \sqrt{\frac{\lambda}{h_{1\%}}} . \quad (4.2)$$

4.8. Ширину плиты 3, площадь перфорации и диаметр сквозных отверстий следует принять по п. 3.13.

4.9. Горизонтальные и вертикальные линейные нагрузки и эпюры волнового давления на элементы контрфорсного блока и покрытия территории должны определяться по схемам на рис. 4.1.

4.10. Вертикальные линейные нагрузки  $P_{2c3}$  и  $P_{2c2}$ , кН/м, на плиты покрытия (плиты 3 и 4) от действия волн (см. рис. 4.1а) необходимо принимать по эпюрам давления, при этом величины  $\rho$ , кПа, следует определять по формулам:

$$\rho_1 = \rho_0 / (1,1 h_{1,0} - 0,33). \quad (4.3)$$

Величину  $\rho_2$  необходимо определять по формуле (3.15).

4.11. Вертикальную линейную нагрузку  $P_{2c1}$ , кН/м, на фундаментную плиту и горизонтальную линейную нагрузку  $P_{2c}$ , кН/м, на блок от действия волн (см. рис. 4.1,б) необходимо принимать по эпюрам волнового давления, при этом величины  $\rho$ , кПа, следует определять по формулам:

$$\rho_3 = 0,07 \rho_0 h_{1,0} \sqrt{\frac{\lambda}{a_1^2}}; \quad (4.4)$$

$$\rho_4 = 0,4 \rho_3. \quad (4.5)$$

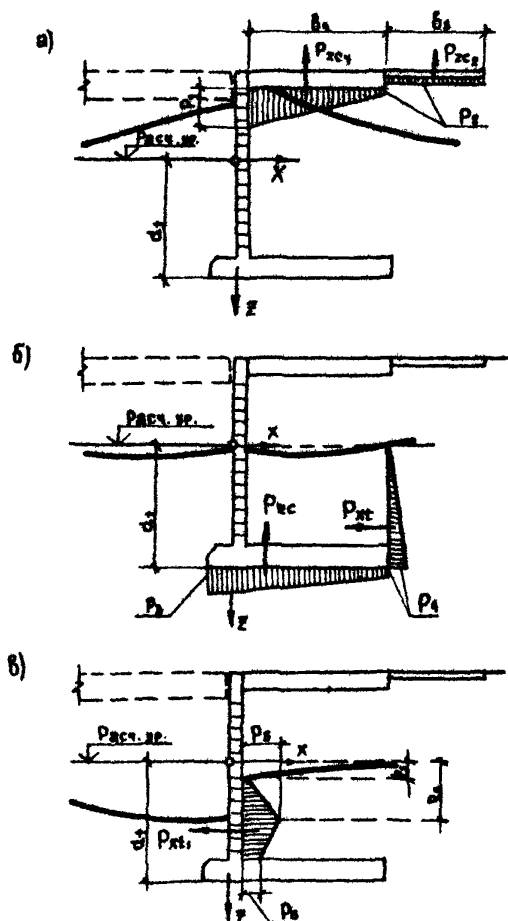
4.12. Горизонтальную линейную нагрузку  $P_{2c1}$ , кН/м, на перфорированную стену блока от действия волн (см. рис. 4.1в) необходимо принимать по эпюрам волнового давления, при этом величины  $\rho$ , кПа, и  $\ell_1$  и  $\ell_2$ , м, следует определять по формулам:

$$\rho_5 = 0,03 \rho_0 h_{1,0} \sqrt{\frac{\lambda}{a_1^2}}; \quad (4.6)$$

$$\rho_6 = 0,5 \rho_5; \quad (4.7)$$

$$\ell_1 = 0,05 h_{1,0} \left( \frac{\lambda}{a_1^2} \right)^{0,7}; \quad (4.8)$$

Расчетные схемы излуч волнового давления на  
элементы тылового сопряжения по типу 2



а) - на плиты 3 и 4; б) - на фундаментную плиту  
блока; в) - на перфорированную стенку блока

$$\eta_2 = 0,08 h_{1\%} \left( \frac{\bar{\lambda}}{\lambda_y} \right)^{0,7}. \quad (4.9)$$

## 5. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ 3

Тыловое сопряжение по типу 3 (см. рис. 1.3) состоит из сплошной (массивной) стенки с каменной призмой, каменной постели, покрытия территории, обратного фильтра и грунтовой засыпки. Сопряжение принято по типовому решению.

Нагрузки от волнового воздействия на стенку сопряжения следует определять в соответствии с требованиями инструкции по проектированию морских причальных сооружений ВСН 3-80  
Минморфлот .

## ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

СНиП 2.06.01-86	Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования
СНиП 2.06.04-82 <sup>x</sup>	Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
СНиП 2.06.05-84	Плотины из грунтовых материалов
СНиП II-56-77	Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений
СНиП 2.03.01-84	Бетонные и железобетонные конструкции
СНиП 3.07.02-87	Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения
<u>ВСН 3-80</u> Минморфлот	Инструкция по проектированию морских причальных сооружений
РД 31.31.27-81	Руководство по проектированию морских причальных сооружений
<u>П 58-76</u> ВНИИГ	Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов)
<u>ВСН 5-83</u> Минморфлот	Применение природного камня в морском гидротехническом строительстве
<u>ВСН 6/118-74</u> Минморфлот, Минтранстрой	Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений
РД 31.35.10-86	Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий
<u>П 92-80</u> ВНИИГ	Рекомендации по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений

## ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $h_{1\%}$  - высота волны I % обеспеченности в системе, м;  
 $\bar{\lambda}$  - средняя длина волн, м;  
 $\frac{\bar{\lambda}}{h}$  - пологость волны;  
 $\alpha_s$  - глубина воды перед сооружением, м;  
 $\alpha_f$  - глубина над подошвой волногасящего короба или стенки тылового сопряжения эстакады с берегом, м;  
 $b_{int}$  - внутренняя ширина камеры волногасящего короба, м;  
 $Z$  - возвышение низа ростверка (или низа плит тылового сопряжения) над расчетным уровнем, м;  
 $P_z$  и  $P_x$  - соответственно вертикальная и горизонтальная линейные нагрузки от действия волн (линейные распределенные нагрузки на единицу длины сооружения), кН/м;  
 $p$  - волновое давление, кПа;  
 $\varphi$  - угол наклона щелевых плит на откосе (неукрепленного каменного откоса или грунтового откоса) к горизонту, град;  
 $\rho$  - плотность воды, т/м<sup>3</sup>;  
 $g$  - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;  
 $\lambda_{ref,i}$  - коэффициент отражения волн от сооружения;  
 $m$  - масса камня, т.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(рекомендуемое)

ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПРИЧАЛЬНОГО  
ОТКОСА И ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ I

I. Исходные данные:

глубина до дна  $u_f = 8,70$  м;

расчетные элементы волн  $h_{\text{рп}} = 2,40$  м,  $\bar{\lambda} = 72$  м;

возвышение низа ростверка над расчетным уровнем  $Z_1 = 1,20$  м;

возвышение низа плиты 2 над расчетным уровнем  $Z_2 = 1,85$  м;

длина ребра целевых плит в направлении, нормальном к урзу  
воды  $l = 2,1$  м;

плотность железобетона  $\rho_{\text{н1}} = 2,5$  т/м<sup>3</sup>;

плотность камня  $\rho_{\text{н2}} = 2,7$  т/м<sup>3</sup>;

плотность воды  $\rho = 1,02$  т/м<sup>3</sup>.

Призма под целевыми плитами, постель тыловой стенки и раз-  
грузочная призма за ней могут быть выполнены из камня массой  
10-50 кг, а крепление подпричального откоса от дна до целевых  
плит - из камня массой 15-100 кг.

Согласно п. I.3 настоящих Указаний принимаем крепление под-  
причального откоса и тылового сопряжения по типу I (волногасящий  
короб с призмой из рядового камня).

2. Расчет элементов подпричального откоса выполняем по  
пп. 2.1-2.13 настоящего РД.

Принимаем:  $\varphi_2 = 26,6^\circ$  ( $\text{ctg } \varphi_2 = 2,0$ );  $\varphi_1 = 26,6^\circ$  ( $\cos \varphi_2 =$   
 $= 0,89$ );  $l = 2,1$  м;  $a_1 = 0,6$  м.

Глубина основания волногасящего короба

$$\alpha_f = 0,4 \cdot 2,4 \cdot \left( \frac{72}{2,4} \right)^{0,3} = 2,66 \sim 2,7 \text{ м.}$$

Глубина нижней границы щелевых плит на откосе

$$d_1 = 2,4 \cdot \frac{2,4}{2,0} \cdot \sqrt[4]{\frac{72}{2,7}} - 3 = 3,57 \sim 3,6 \text{ м.}$$

Толщина щелевых плит I

$$t_1 = 0,07 \cdot \frac{2,4}{0,89} \cdot \frac{1,02}{2,50-1,02} \cdot \sqrt[3]{\frac{72}{2,1}} = 0,42 \text{ м} \sim 0,4 \text{ м.}$$

Размеры плит в плане принимаем 2,10 x 2,10 м.

Площадь щелей в плите

$$A = 0,15 \cdot 2,10 \cdot 2,10 = 0,66 \text{ м}^2.$$

Диаметр минимальной массы камня  $m_{min} = 10 \text{ кг.}$

$$D_{min} = \sqrt[3]{\frac{0,010}{0,524 \cdot 2,7}} = 0,19 \text{ м.}$$

Ширина щелей в плитах I

$$b_1 = 0,7 \cdot 0,19 = 0,13 \sim 0,1 \text{ м.}$$

В основании щелевых плит устанавливаем фигурный массив (упор) шириной 1,2 м и высотой 0,8 м.

Глубина нижней границы обратного фильтра

$$d_2 = 4 \cdot 2,4 = 9,6 \text{ м} > d_1. \text{ Принимаем } d_2 = 8,7 \text{ м.}$$

Размеры упорной призмы в основании каменного откоса

$$a_2 = 3,0 \text{ м, } l_2 = 1,0 \text{ м.}$$

3. Размеры элементов тылового сопряжения определяем по пп. 3.1-3.8 настоящего РД.

Ширина волногасящего короба

$$b_{inc} = 0,06 \cdot 72 = 4,3 \text{ м.}$$

Ширина проема в фундаментной плите

$$a_1 = 0,5 \cdot 4,3 = 2,15 \sim 2,2 \text{ м.}$$

Площадь перфорации в виде горизонтальных щелей в лицевой



стенке короба принимаем 30 %, а в тыловой 15 %.

Ширина щелей в лицевой стенке короба

$$b_2 = 0,13 \cdot 2,4 = 0,31 \sim 0,3 \text{ м.}$$

Ширина щелей в тыловой стенке короба

$$b_1 = 0,7 \cdot 0,19 = 0,13 \sim 0,1 \text{ м.}$$

Площадь проема в боковой стенке короба

$$A = 0,2 \cdot 4,3 \cdot (1,85 + 2,70) = 3,91 \sim 4,0 \text{ м}^2.$$

Размеры проема принимаем 2,0 x 2,0 м.

Минимальная ширина разгрузочной призмы за коробом

$$a_2 = 1,2 \cdot 2,4 = 2,90 \text{ м.}$$

4. Расчет нагрузок от волн на элементы волногасящего короба производим по пп. 3.9 - 3.14 настоящего РД.

Ординаты волнового давления на фундаментную плиту и тыловую перфорированную стенку короба.

$$P_1 = 0,04 \cdot 1,02 \cdot 9,8 \cdot 2,4 \cdot \sqrt{\frac{72}{2,4}} = 5,26 \text{ кПа;}$$

$$P_2 = 0,2 \cdot 5,26 = 1,05 \text{ кПа;}$$

$$P_3 = 0,7 \cdot 5,26 = 3,68 \text{ кПа;}$$

$$P_4 = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 2,4 \cdot \left(\frac{72}{2,4}\right)^{1,5} = 0,30 \text{ м.}$$

Ординаты эпюры волнового давления на лицевую перфорированную стенку

$$P_4 = 0,013 \cdot 1,02 \cdot 9,8 \cdot 2,4 \cdot \left(\frac{72}{2,4}\right)^{1,2} = 18,47 \text{ кПа;}$$

$$P_5 = 0,9 \cdot 5,26 = 4,73 \text{ кПа.}$$

Взвешивающее волновое давление на плиту 2

$$P_6 = 1,02 \cdot 9,81 (0,33 \cdot 2,40 \cdot \frac{72}{2,4} - 1,85) = 8,44 \text{ кПа;}$$

$$P_7 = 1,1 \cdot 8,44 = 9,29 \text{ кПа.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Волновое давление (компрессионное давление воздуха) на  
плиту 3 шириной  $b_3 = 2,0$  м.

$$P_8 = 0,8 \cdot 0,84 \cdot 1,02 \cdot 9,81(0,26 \cdot 2,4 - 0,07) = 3,72 \text{ кПа.}$$

Конструкция подпирчатого откоса и тылового сопряжения  
и эпюры волнового давления на элементы волногасящего короба  
проектируемой набережной-эстакады показаны на рис. П.3.1 и  
П.3.2.

Конструкция поперечного откоса и тылового ограждения по типу I

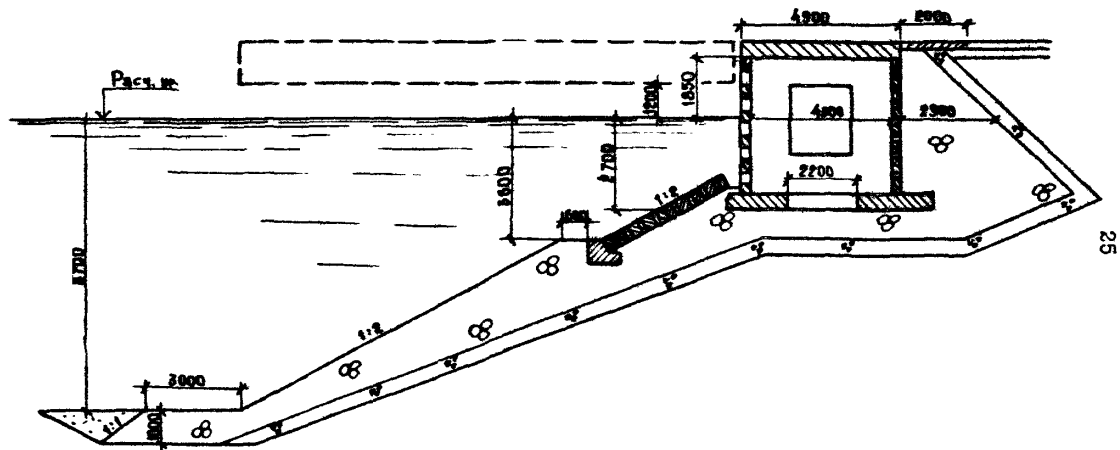
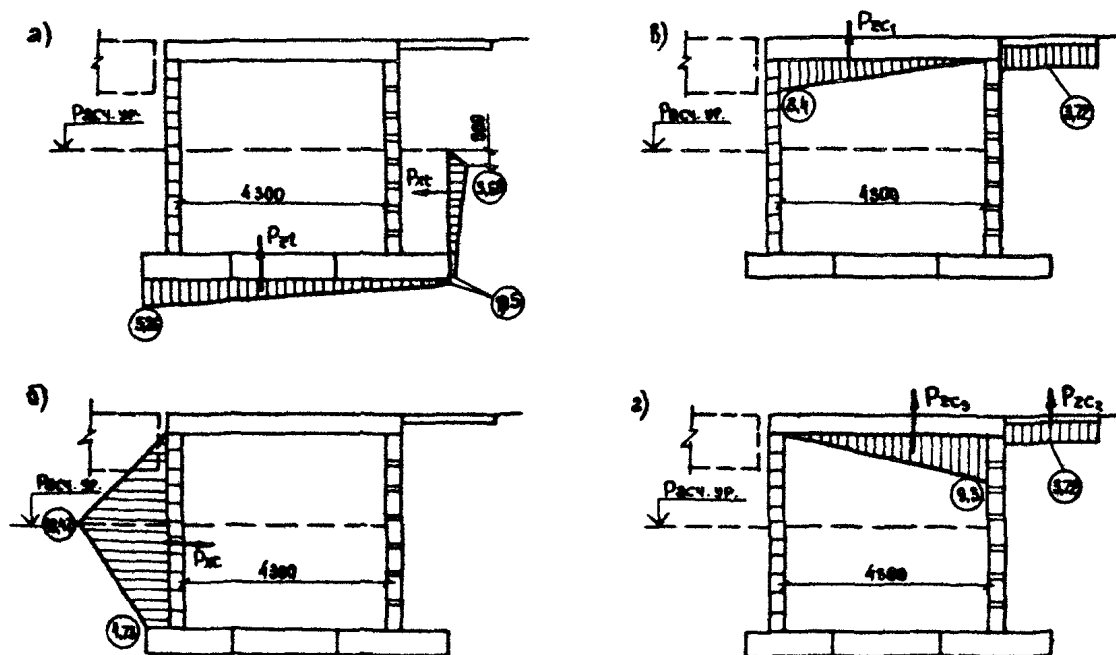


Рис. II.3.1

# Эпюры волнового давления на элементы волногасящего короба



а) — на фундаментную плиту и тыловую стенку короба; б) — на лицевую стенку короба; в) и г) — на плиты 2 и 3; 12) — волновое давление, кПа

Рис. П.3.2

ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПРИЧАЛЬНОГО  
ОТКОСА И ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ 2

## I. Исходные данные:

глубина воды у набережной - эстакады  $cl_4 = 11,9$  м,  
 расчетные элементы волн  $h_{7\%} = 2,0$  м,  $\bar{\lambda} = 75$  м,  
 возвышение низа ростверка над расчетным уровнем  $Z_1 = 1,0$  м,  
 длина ребра щелевых плит I  $\ell = 3,0$  м,  
 плотность железобетона  $\rho_{m1} = 2,5$  т/м<sup>3</sup>,  
 плотность воды  $\rho = 1,02$  т/м<sup>3</sup>.

В районе проектируемой набережной-эстакады находится карьер  
 камня ( $\rho_{m2} = 2,7$  т/м<sup>3</sup>).

Учитывая величины исходных элементов волн и наличие камня  
 различной крупности, принимаем тыловое сопряжение по типу 2.

2. Расчет элементов подпричального откоса выполняем по  
 пп. 2.1-2.13 настоящего РД.

Принимаем:  $\psi_2 = 33,7^\circ$  ( $ctg \psi_2 = 1,5$ ),  $\psi_1 = 26,6^\circ$  ( $cos \psi_2 =$   
 $= 0,89$ ),  $\ell = 3,0$ ,  $\alpha_2 = 0,6$  м; масса несортированного камня  
 15-100 кг.

Глубина основания контрфорсного блока

$$d_f = 0,4 \cdot 2,00 \left( \frac{75}{2,00} \right)^{0,3} = 2,37 \sim 2,4 \text{ м.}$$

Глубина нижней границы щелевых плит на откосе

$$d_1 = 2,4 \cdot \frac{2,0}{1,5} \sqrt[4]{\frac{75}{2,4}} - 3 = 4,57 \sim 4,6 \text{ м.}$$

Толщина щелевых плит

$$t_1 = 0,07 \cdot \frac{2,0}{0,89} \cdot \frac{1,02}{2,50 - 1,02} \sqrt[3]{\frac{75}{3,00}} = 0,3 \text{ м.}$$

Размеры плит в плане принимаем 3,00 x 3,00 м.

Площадь щелей в плите

$$A = 0,15 \times 3,00 \times 3,00 = 1,35 \text{ м}^2.$$

Диаметр минимальной массы камня  $m_{\min} = 15 \text{ кг}$

$$D_{\min} = \sqrt[3]{\frac{0,015}{0,524 \cdot 2,7}} = 0,22 \text{ м}.$$

Ширина щелей в плитах

$$b_1 = 0,7 \cdot 0,22 = 0,15 \text{ м}.$$

В основании щелевых плит устанавливаем фигурный массив (упор) шириной 1,10 м и высотой 0,80 м. Ширина каменной бермы перед упором  $a_1 = 0,6 \text{ м}.$

Глубина нижней границы обратного фильтра

$$a_2 = 4 \cdot 2,0 = 8,0 \text{ м}.$$

Размеры упорной призмы в основании подпирательного откоса:

$$a_2 = 3,0 \text{ м}, \quad t_2 = 1,0 \text{ м}.$$

3. Размеры элементов тылового сопряжения определяем по пп. 4.1-4.8 настоящего РД.

Принимаем сортированный камень массой 300-400 кг.

Ширина призмы из сортированного камня в сопряжении на фундаментах плиты контрфорсного блока

$$a_3 = 1,5 \text{ м};$$

на расчетном уровне

$$a_4 = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0 \text{ м}.$$

Диаметр минимальной массы камня  $m_{\min} = 300 \text{ кг}.$

$$D_{\min} = \sqrt[3]{\frac{0,300}{0,524 \cdot 2,7}} = 0,6 \text{ м}.$$

Ширина щелей в перфорированной стенке блока

$$b_2 = 0,7 \cdot 0,6 = 0,42 \sim 0,4 \text{ м}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

За призмой из сортированного камня производим отсыпку из несортированного камня массой 15-100 кг и шириной  $a_3 = 2,0$  м.

Ширина плиты 4 покрытия территории

$$b_4 = 0,3 \cdot 2,0 \cdot \sqrt{\frac{75}{2}} = 3,7 \text{ м.}$$

4. Определение нагрузок от действия волн по пп. 4.9-4.12 настоящего РД.

Ординаты волнового давления на плиты покрытия территории

$$P_1 = 1,02 \cdot 9,81(1,1 \cdot 2,0 - 0,33) = 18,7 \text{ кПа};$$

$$P_2 = 0,8 \cdot 0,84 \cdot 1,02 \cdot 9,8(0,26 \cdot 2,0 - 0,7) = 3,0 \text{ кПа.}$$

Ординаты волнового давления на фундаментную плиту блока

$$P_3 = 0,07 \cdot 1,02 \cdot 9,81 \cdot 2,0 \cdot \sqrt{\frac{75}{2,4}} = 7,8 \text{ кПа};$$

$$P_4 = 0,4 \cdot 7,83 = 3,1 \text{ кПа.}$$

Ординаты волнового давления на перфорированную отенку блока

$$P_5 = 0,03 \cdot 1,02 \cdot 9,81 \cdot 2,0 \cdot \sqrt{\frac{75}{2,4}} = 3,4 \text{ кПа};$$

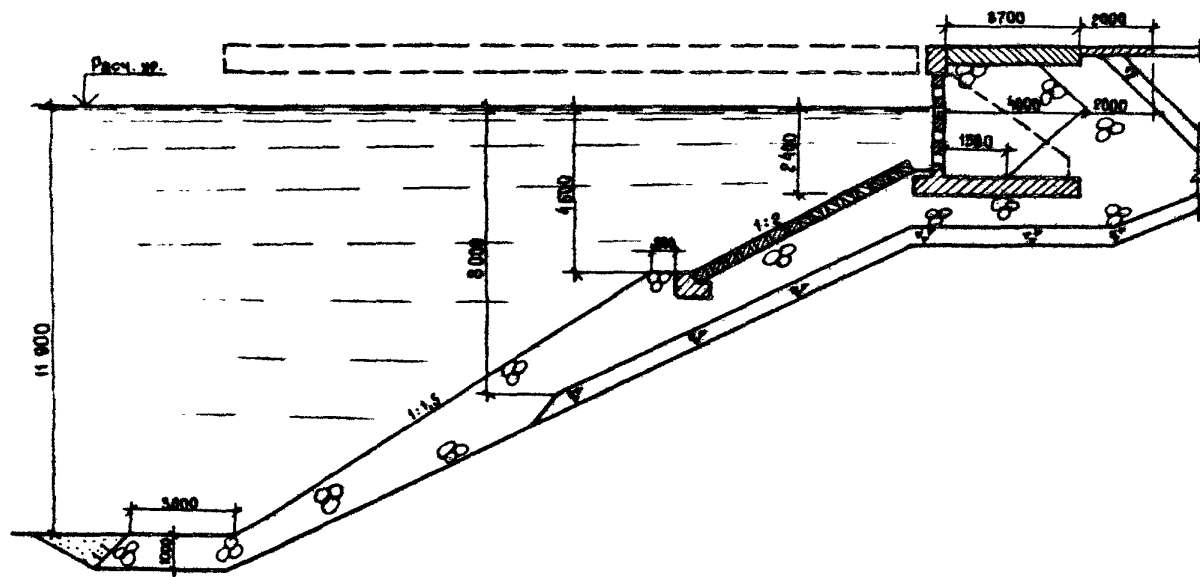
$$P_6 = 0,5 \cdot 3,4 = 1,7 \text{ кПа};$$

$$r_1 = 0,05 \cdot 2,0 \left(\frac{75}{2,4}\right)^{0,7} = 1,1 \text{ м};$$

$$r_2 = 0,08 \cdot 2,0 \left(\frac{75}{2,4}\right)^{0,7} = 1,7 \text{ м.}$$

Конструкции крепления подпирчального откоса и тылового сопряжения проектируемой набережной-эстакады и впыры волнового давления на элементы контрфорсного блока и на плиты покрытия показаны на рис. П.4.1 и П.4.2.

### Конструкция подпирочного откоса и тилового сопряжения по типу 2

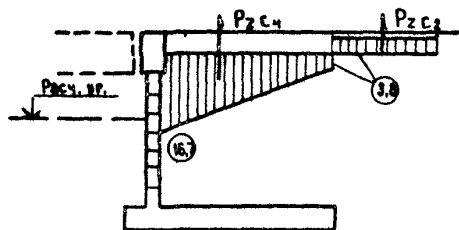


**Proc. U.4.1**

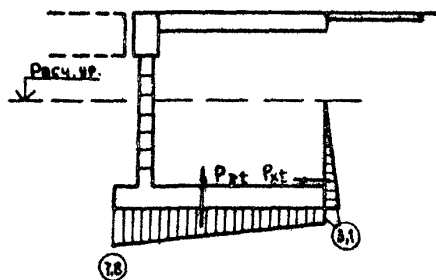


Эпюры волнового давления на контрфорсный блок

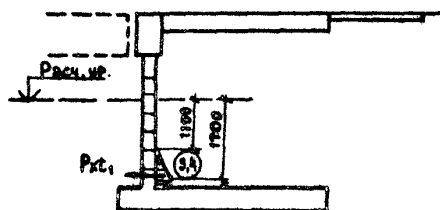
а)



б)



в)



а) — на плиты 3 и 4, б) — на фундаментную плиту блока;  
в) — на перфорированную стенку блока: (5,4) — волновое  
давление, кПа

Рис. П.4.2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
(рекомендуемое)

ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПРИЧАЛЬНОГО  
ОТКОСА ПО ТИПУ 3

1. Исходные данные:

глубина воды у набережной - эстакады  $d_0 = 10,3$  м,  
расчетные элементы волн  $h_{\text{в.р.}} = 1,2$  м;  $\bar{\lambda} = 50$  м,  
возвышение низа ростверка над уровнем  $Z_1 = 0,9$  м,  
плотность железобетона  $\rho_{m1} = 2,50$  т/м<sup>3</sup>,  
плотность камня  $\rho_{m2} = 2,70$  т/м<sup>3</sup>;  
плотность воды  $\rho = 1,01$  т/м<sup>3</sup>.

Согласно п. 1.5 настоящих Указаний принимаем конструкцию  
крепления подпричального откоса и тылового сопряжения по типу 3.

2. Расчет элементов подпричального откоса выполняем по  
пп. 2.1-2.13 настоящего РД.

Принимаем:  $\varphi_2 = 35,5^\circ$  (сг  $\varphi_2 = 1,4$ );  $\varphi_1 = 26,6^\circ$   
(сг  $\varphi_1 = 0,89$ );  $\ell = 2,0$ ; несортированный камень массой  
15-100 кг.

Глубина основания массивовой стенки

$$d = 0,4 \cdot 1,2 \left( \frac{50}{1,2} \right)^{0,3} = 1,47 \sim 1,5 \text{ м.}$$

Глубина нижней границы целевых плит на откосе

$$d_1 = \left( 2,4 \cdot \frac{1,2}{1,4} \sqrt[3]{\frac{50}{1,5}} - 3 \right) \cdot 1,3 = 2,52 \sim 2,5 \text{ м.}$$

Толщина целевых плит I

$$t_1 = 0,12 \cdot \frac{1,2}{0,89} \cdot \frac{1,01}{2,50-1,01} \sqrt[3]{\frac{50}{3,0}} = 0,28 \sim 0,3 \text{ м.}$$

Размеры плит в плане принимаем 2,0х3,0 м.

Площадь щелей в плите

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
(продолжение)

$$A = 0,10 \times 2,0 \times 3,0 = 0,6 \text{ м}^2.$$

Диаметр минимальной массы камня  $m_{\text{пл}} = 15 \text{ кг.}$

$$D_{\text{пл}} = \sqrt[3]{\frac{0,015}{0,524 \cdot 2,7}} = 0,22 \text{ м.}$$

Ширина щелей в плите

$$\delta_i = 0,70 \cdot 0,22 = 0,15 \text{ м.}$$

В основании щелевых плит устанавливаем фигурный массив шириной 1,0 м и высотой 0,7 м. Ширина каменной бермы перед упором  $a_1 = 0,6 \text{ м.}$

Глубина нижней границы обратного фильтра

$$a_2 = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м.}$$

Размеры упорной призмы в основании подпричального откоса

$$a_2 = 3,0 \text{ м, } t_2 = 1,0 \text{ м.}$$

Конструкция крепления подпричального откоса дана на рис.

П.5.1.

# Конструкция крепления подпорного откоса по типу 3

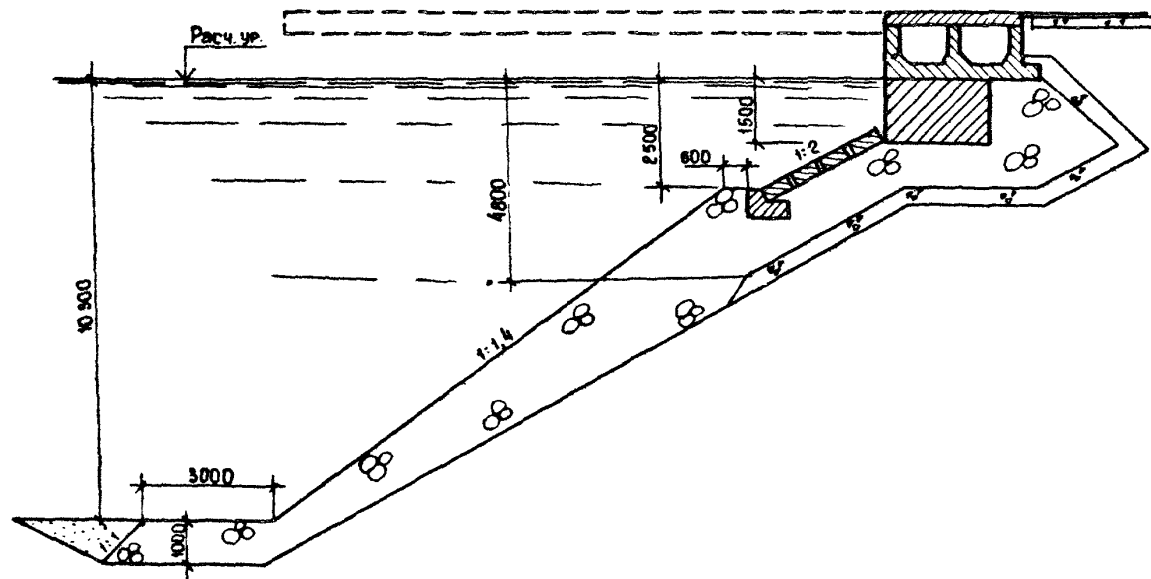


Рис. II.5.1

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	I
2. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПОДПРИЧАЛЬНОГО ОТКОСА .....	6
3. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ I .....	11
4. РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ 2 .....	15
5. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТЫЛОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ПО ТИПУ 3 .....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ I (справочное). Перечень нормативно- технических документов .....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (справочное). Основные буквенные обозначения .....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (рекомендуемое). Пример расчета элементов крепления подпричального откоса и пористого сопряжения по типу I .	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 (рекомендуемое). Пример расчета элементов крепления подпричального откоса и пористого сопряжения по типу 2 .	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 (рекомендуемое). Пример расчета элементов крепления подпричального откоса по типу 3 .....	32

---

Подписано в печать 26.05.88.      Формат 60х84/16.      Печать офсетная.      Усл.печ.л. 2,09.  
Усл.кр.-отт. 2,21.      Уч.-изд.л. 1,27.      Тираж 340.      Заказ 1124.      Изд. № 482/8-н.      Цена 25 к.

---

Технография В/О "Мортехниформреклама", 113114, Москва, Коженинская, д. 19