

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ НАБРОСКИ С ЖЕСТКИМ
ЭКРАНОМ

РД 31.31.36-85

Ленинград
1986

РАЗРАБОТАН

Государственным проектно-исследовательским
и научно-исследовательским институтом
морского транспорта "Совморниипроект"

Ленинградским филиалом "Ленморниипроект"

Гл. инженер Ленморниипроекта В.А.Фирсов

Начальник сектора стандартизации

- В.Г.Дементьев

Руководитель темы, директор Ленморнии-
проекта А.Ф.Парфенов

Ответственный исполнитель, гл. специалист,

к.т.н. А.К.Кривов

Соисполнитель: ВНИИС Минтранстроя

Зав.отделом гидротехнических сооруже-
ний, докт.техн.наук А.И.Кузнецов

УТВЕРЖДЕН

Распоряжением Государственного проектно-
исследовательского и научно-исследователь-
ского института морского транспорта

"Совморниипроект"

№ 9 от 6 февраля 1986 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ
НАБРОСКИ С ЖЕСТКИМ ЭКРАНОМ

РД ЭГ.31.36-85

Вводится впервые

Срок введения в действие
установлен с 1 мая 1986 г.

Настоящие Рекомендации распространяются на опытное проектирование и строительство вновь возводимых оградительных сооружений из массивовой наброски с жестким экраном, а также на реконструкцию оградительных сооружений типа вертикальной стенки при устройстве перед ней защитной наброски.

Рекомендации содержат указания по расчету, конструированию и технологии строительства сооружений и их элементов, и должны использоваться совместно с указаниями документов, перечисленных в справочном приложении 2.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Поперечное сечение сооружений из наброски с жестким экраном конструктивно решается в виде традиционного откосного оградительного сооружения с ядром из камня соответствующих размеров и защитным слоем из бетонных массивов, а со стороны гавани - в виде вертикальной стенки, являющейся непроницаемым экраном для волн и наносов (рис.1).

1.2. Набросные сооружения с жестким экраном следует применять в районах с толщиной льда не более 1,0 м для глубин на акватории до 12,0 м, при расчетных волнах высотой до 6,0 м и грунтах основания, осадка которых под подошвой экрана при эксплуатации не превышает 0,50 м.

Если стенка экрана используется как причал,

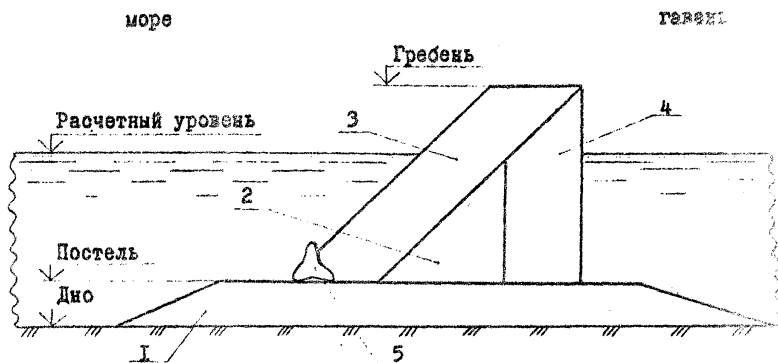


Рис.1. Схема сооружения :

1- каменная постель ; 2- ядро наброски ; 3- защитная наброска ; 4- экран ; 5- упорный тетрапод

то ограничения по осадке необходимо принимать как для причальных сооружений.

1.3. Обеспеченность расчетного уровня должна приниматься не более 5% (1 раз в 20 лет).

1.4. При определении элементов ветровых волн следует принимать обеспеченность расчетного шторма 2% (1 раз в 50 лет), и обеспеченность волн в системе 2%.

1.5. В качестве экрана может быть применено гравитационное или свайное сооружение любой традиционной конструкции, экономическая и технологическая эффективность которой обоснованы.

Рекомендуются облегченные бетонные и железобетонные конструкции экрана ящичного или уголкового типа.

1.6. Головные и корневые участки сооружений следует проектировать, руководствуясь указаниями, разработанными для набросных ограждающих сооружений традиционной конструкции.

1.7. Материалы, применяемые для строительства сооружений должны отвечать требованиям нормативных документов.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Габариты и конструкция защитной наброски

2.1.1. Габариты защитной наброски определяются отметкой и шириной ее гребня, величины которых назначаются в зависимости от характеристики расчетной волны и отметки расчетного уровня воды (рис. 2).

2.1.2. Возвышение гребня наброски над расчетным уровнем воды следует принимать равным высоте волны ($Z_r = h$).

2.1.3. Ширину гребня наброски b_r следует определять по формуле

$$b_r \approx 0,06 \lambda, \quad (1)$$

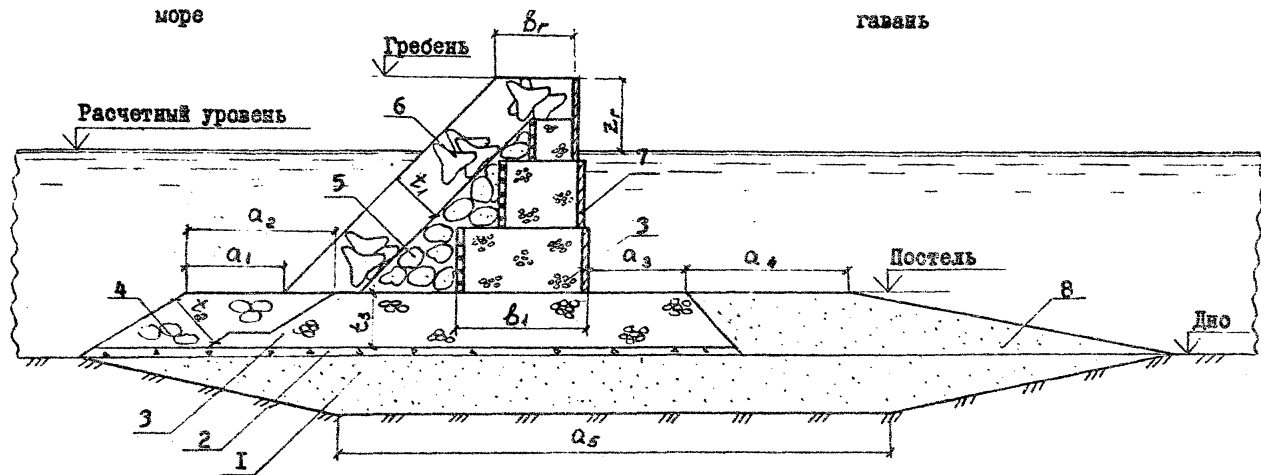


Рис.2. Схема оградительного сооружения :

- 1- песчаный грунт (замена грунта) ; 2- обратный фильтр (щебень, гравий) ;
 3- камень массой 30-100 кг ; 4- камень крупный массой более 800 кг ;
 5- камень массой более 1500 кг ; 6- тетраподы ; 7- железобетонные
 массивы ; 8- песчаный грунт

где λ - длина волны.

Ширина гребня не должна быть менее удвоенного размера отдельного элемента защитного слоя.

2.1.4. Заложение откосов наброски их массивов (обыкновенных и фасонных) следует принимать равным $m_1 = 1$; заложение откоса каменного ядра следует принимать равным $m_1 = 1,25$.

При специальном обосновании допускается увеличивать заложение откосов до $m = 2$.

2.1.5. Для ядра следует применять крупные сортированные камни. Объем каждого камня ядра наброски должен обеспечивать его устойчивость в процессе строительства при воздействии волн с обеспеченностью 10% в режиме и 1% в системе, но по объему не должен быть менее

$$V = K_v \cdot h, \quad (2)$$

где K_v - коэффициент пропорциональности равный $0,1 \text{ м}^2$;
 h - высота волны в м.

При отсутствии камня необходимых размеров допускается для ядра применять обыкновенные массивы или фасонные массивы, предназначенные для защитного слоя.

2.1.6. Для защитного слоя следует применять фасонные массивы - тетраподы или гексабиты. При соответствующем обосновании допускается применение обыкновенных массивов.

2.1.7. При подсчете объемов строительных работ и назначении профиля сооружения пористость наброски следует принимать по данным табл. I (извлечение из СН - 288 - 64 и [14])

Таблица 1

Наименование элементов наброски	Пористость %
Несортированный камень	41-44
Сортированный камень	44-48
Наброска из массивов двух крупностей	48-50
То же, одной крупности	54-58
Наброска и укладка тетраподов	58-60
Наброска и укладка гексабитов	60-65

2.1.8. Толщину защитного слоя наброски из тетраподов рекомендуется принимать равной их полуторной высоте; из обыкновенных массивов - двойной высоте. Защитное покрытие из гексабитов следует выполнять укладкой их в два слоя. При этом общая толщина защитного покрытия определяется по формуле

$$t_1 = 1,63 \sqrt[3]{\frac{G}{\gamma}}, \quad (3)$$

где G - масса гексабита в т;
 γ - объемная масса бетона.

2.1.9. Рекомендуется в основании защитного покрытия устройство упора из массивов с массой в 1,5 раза большей массы массивов защитного покрытия или из спаренных массивов (массивов, соединенных между собой стальными звеньями) с массой каждого, равной массе массивов защитного покрытия (рис. 1).

2.1.10. При отсутствии размывающего течения, направленного вдоль сооружения, укреплять дно перед постелью сооружения не рекомендуется.

2.2. Конструкция постели сооружения

2.2.1. Основные назначения постели (см. рис. 2) следующие:

- а) распределение давлений от экрана и наброски на большую площадь естественного основания;
- б) защита естественного основания от размыва;
- в) предохранение слабого основания от выноса частиц грунта фильтративной водой при обжатию основания сооружением;
- г) выравнивание дна.

2.2.2. Общая ширина постели назначается с учетом технологии возведения сооружения, принятой конструкции экрана, и обеспечения его устойчивости, что проверяется расчетом.

2.2.3. Размеры берм каменной постели A_1 и A_3 не должны быть менее 2,0 м; размер бермы со стороны гавани A_3 уточняется расчетом устойчивости жесткого экрана.

2.2.4. Отметка верха каменной постели и ее толщина t_3 назначаются, исходя из следующих условий:

- а) толщина постели t_3 должна быть не менее 1,5 м, включая обратный фильтр толщиной не менее 0,50 м;
- б) в период строительства камень массой 10–100 кг в верхнем слое должен быть устойчивым;
- в) при необходимости вблизи экрана со стороны гавани должны быть глубины, позволяющие проходить судам с заданной осадкой.

2.2.5. На бермах и откосах постели со стороны моря отсыпается камень, масса которого определяется из расчета устойчивости его против размыва.

2.2.6. Размер A_2 участка постели, укрепленного крупным камнем, не должен быть менее 4,0 м. Толщина слоя t_2 крупного камня должна быть не менее 2,5 диаметра расчетного камня, приведенного к шару, но не менее 1,0 м.

2.2.7. Уплотнение каменной постели производить не требуется. Равнение постели на участках установки элементов жесткого экрана должно быть тщательное или весьма тщательное (в зависимости от конструкции экрана), на остальных участках - грубое.

2.2.8. При слабых грунтах основания (илах) под слоем обратного фильтра необходимо отсыпая песчаную подушку или производить замену грунта.

2.2.9. Ширина горизонтального участка песчаной присыпки Q_4 , толщина песчаной подушки или слоя заменяемого грунта t_4 и ширина дна котлована Q_5 определяются расчетами устойчивости сооружения.

2.2.10. Предварительно толщина песчаной подушки принимается по данным таблицы 2.

Таблица 2

Давление на песчаную подушку в МПа	Толщина песчаной подушки в м
Менее 0,15	2,5
0,15 ÷ 0,20	2,5 ÷ 3,0
0,25 ÷ 0,30	3,0 ÷ 4,0

2.3. Конструкции жесткого экрана

2.3.1. Общая характеристика конструкций

2.3.1.1. Рекомендуемые конструкции жестких экранов состоят из бетонных и железобетонных пустотелых массивов ящичного типа и имеют горизонтальное членение по высоте, что обеспечивает технологичность их возведения в условиях открытого для волнения побережья.

2.3.1.2. Установка массивов должна быть столбчатой, обеспечивающей малую чувствительность конструкции к возможным осадкам, что свойственно набросным сооружениям.

2.3.1.3. Рекомендуется лицевую стенку (со стороны гавани) жесткого экрана располагать не строго вертикально, а наклоненной к вертикали в сторону внешней акватории на угол $\beta = 2-3^\circ$, за счет наклона поверхности постели или за счет соответствующей формы элементов и способа их установки.

2.3.2. Экран из бетонных и железобетонных пустотелых массивов заполненных камнем

2.3.2.1. Конструкция экрана состоит из столбчатой кладки пустотелых бетонных или железобетонных массивов без дна, тыловая (со стороны наброски) стенка которых делается с перфорацией в размере 30-50%.

Полость массивов заполняется камнем с массой 30-100 кг. (рис. 3 и 4).

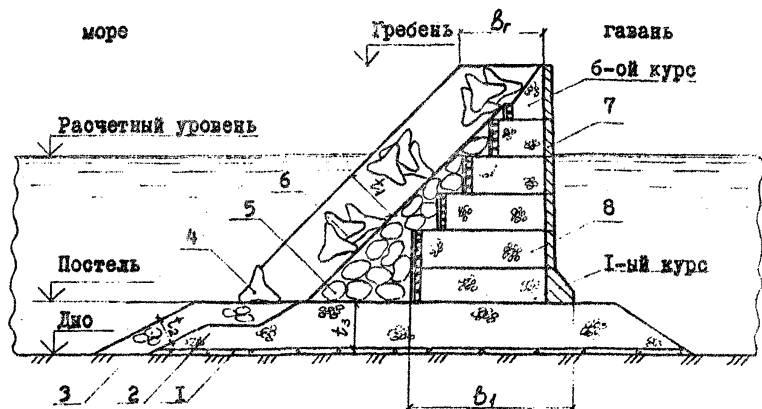
2.3.2.2. Пустотелые массивы следует изготавливать из монолитного бетона или из сборных железобетонных элементов.

Все стенки железобетонных массивов и перфорированная тыловая стенка бетонных массивов должны иметь расчетную арматуру.

Допускается конструктивное армирование боковых стенок бетонных массивов.

2.3.2.3. Конструкция верхнего курса массивов назначается с учетом технологических и эксплуатационных требований и может быть решена в виде стенки уголкового или иного профиля.

2.3.2.4. Размеры массивов следует принимать максимальными по допустимым условиям транспортировки и укладки их подъемно-транспортным оборудованием.



I-ый курс

6-ой курс

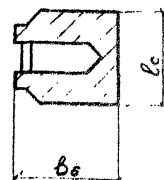
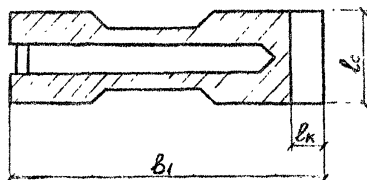


Рис.3. Сооружение с экраном из пустотелых бетонных массивов, заполненных камнем :

1- обратный фильтр (щебень, гравий) ; 2-камень массой 30-100 кг ; 3- камень крупный массой более 800 кг ; 4- упорный тетрапод ; 5- камень массой более 1500 кг ; 6- тетраподы ; 7- железобетонные массивы ; 8- камень заполнения

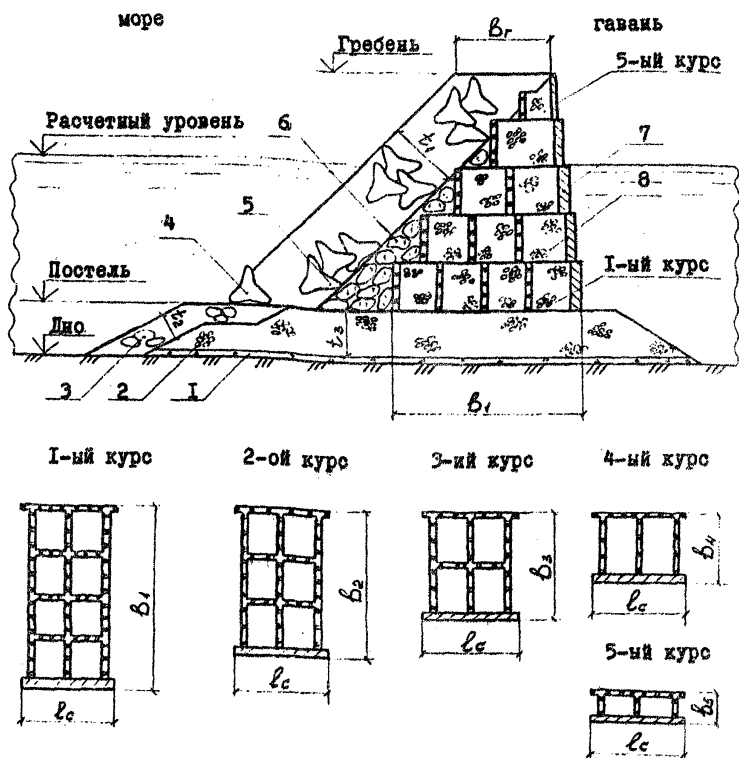


Рис.4. Сооружение с экраном из пустотелых железобетонных массивов, заполненных камнем :

- 1- обратный фильтр (щебень, гравий) ; 2- камень массой 30-100 кг ; 3- камень крупный массой более 800 кг ; 4- упорный тетрапод ; 5- тетраподы ; 6- камень массой более 1500 кг ; 7- железобетонные массивы ; 8- камень заполнения

2.3.2.5. Минимальная толщина стенки пустотелого бетонного массива должна устанавливаться из условий его изготовления и требований долговечности, но должна быть не менее 500 мм. Принятая толщина должна быть проверена расчетом по указаниям РД 31.31.28-81.

Толщина стенок железобетонных пустотелых массивов определяется расчетом, но должна быть не менее 200 мм.

2.3.2.6. Рекомендуется назначать габариты массивов с таким расчетом, чтобы они могли быть изготовлены с применением одной и той же опалубки.

2.3.2.7. Каждый верхний курс железобетонных пустотелых массивов устанавливается на поперечные стенки нижнего курса со сдвигом в сторону моря на величину, обеспечивающую восприятие сжимающих напряжений в основании массива.

2.3.3. Экран из железобетонных пустотелых массивов с камерой гашения

2.3.3.1. Конструкция экрана состоит из столбчатой кладки пустотелых железобетонных массивов без дна, тыловая (со стороны наброски) стенка которых делается с перфорацией в размере $50 \pm 50\%$ и наклонена к горизонту на угол 45° . Полости массивов остаются незаполненными, образуя камеру гашения для проникающих в них волн (рис. 5).

2.3.3.2. Для обеспечения устойчивости верхние курсы массивов смещены по отношению к нижним массивам в сторону внешней акватории и лицевые стенки нижних массивов служат упорами для верхних массивов.

2.3.3.3. По конструкции верхнего курса массивов руководствоваться указанием п. 2.3.2.3.

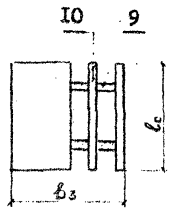
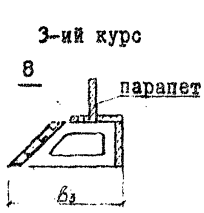
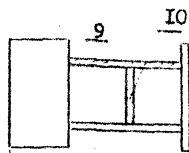
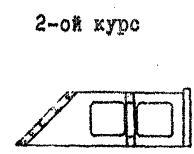
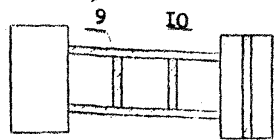
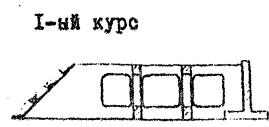
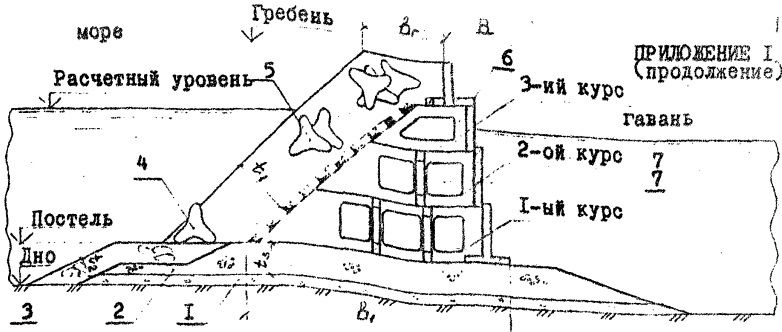


Рис.5. Сооружение с экраном из железобетонных пустотелых массивов с камерой гашения :
 I - обратный фильтр (щебень, гравий) ; 2 - камень массой 30-100 кг ; 3 - камень крупный массой более 960 кг ;
 4 - упорный тетрапод ; 5 - тетраподы ; 6 - железобетонный массив ; 7 - камера гашения ; 8 - железобетонная балка ;
 9 - поперечные стенки-рамы ; 10 - рамы-перегородки.

2.3.3.4. При применении экрана этого типа в качестве защитного слоя применяется только укладка фасонных массивов. Пример применения железобетонного экрана с камерой гашения приведен в рекомендуемом приложении I.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Состав расчетов

3.1.1. Сооружение и его элементы следует рассчитывать на воздействие следующих внешних сил:

- а) давление и размывающее действие волны;
- б) давление льда;
- в) давление материала наброски;
- г) навал судов или швартовные нагрузки;
- д) собственный вес сооружения.

Конструкция жесткого экрана должна быть рассчитана на эксплуатационный и строительный случай.

3.1.2. При проектировании набросных оградительных сооружений с жестким экраном должны быть выполнены следующие расчеты:

- а) расчет общей устойчивости всего набросного сооружения совместно с жестким экраном и постелью на глубинный сдвиг - скольжение по круглоцилиндрической поверхности;
- б) расчет общей устойчивости жесткого экрана на скольжение по поверхности постели и на поворот вокруг переднего ребра;
- в) расчет общей устойчивости жесткого экрана на глубинный сдвиг - скольжение по круглоцилиндрической поверхности или по ломаным поверхностям;
- г) расчет напряжений в основании сооружения;
- д) расчет устойчивости элементов наброски;
- е) расчет прочности элементов конструкции жесткого экрана;
- ж) при наличии в основании слабых сжимаемых грунтов необходимо выполнить расчет осадки сооружения во времени.

3.2. Нагрузки и воздействия

3.2.1. Ординаты эпюры горизонтального давления волны на вертикальный жесткий экран, защищенный наброской массивов, определяются по формуле

$$P_{вх} = K_c \cdot P_c \quad , \quad (4)$$

где K_c - коэффициент снижения для стоячих волн $K_c = 0,6$;
для разбитых волн $K_c = 0,5$;

P_c - ордината давления, определяемая по рекомендациям СНиП 2.06.04-82, как для стоячих или разбитых волн (в зависимости от величины отношения глубины воды над бермой сооружения $d_{вг}$ к высоте волны h).

Полное горизонтальное давление волны $P_{вх}$ равно

$$P_{вх} = A_{рвх} \quad , \quad (5)$$

где $A_{рвх}$ - площадь эпюры горизонтального давления волны на вертикальный жесткий экран.

Такая же величина горизонтального волнового давления принимается действующей на вертикальную расчетную плоскость при расчете устойчивости жесткого экрана.

3.2.2. На конструкцию основания жесткого экрана углового типа без камеры гашения необходимо учитывать дополнительную нагрузку от вертикального давления волны $P_{вц}$, которая принимается равномерно по ширине основания конструкции экрана.

С учетом взвешивающего давления интенсивность нагрузки определяется по формуле

$$q_B = \frac{0,3 K_{пл} \cdot P_{вх}}{B_1} \quad , \quad (6)$$

где B_1 - ширина основания конструкции жесткого экрана;
 $K_{пл}$ - коэффициент полноты конструкции основания жесткого экрана.

Величина коэффициента полноты определяется по формуле

$$K_{пл} = 1 - \frac{A\%}{100} \quad , \quad (7)$$

где $A\%$ - процент перфорации плиты основания экрана, но не более процента пустот каменного ядра, расположенного в границах основания экрана.

3.2.3. На защищенную наброской фигурных массивов наклонную плиту конструкции жесткого экрана с камерой гашения ординаты эпюры давления волны определяются по формулам:

ординаты горизонтальной составляющей давления

$$P_{вхн} = K_c \cdot K_{пл} \cdot P_c \cdot \sin \alpha \quad , \quad (8)$$

ординаты вертикальной составляющей давления

$$P_{вчн} = K_c \cdot K_{пл} \cdot P_c \cdot \cos \alpha \quad , \quad (9)$$

где P_c - ордината эпюры горизонтального волнового давления на вертикальный экран;

α - угол наклона стенки к горизонту.

3.2.4. Горизонтальное и вертикальное давление льда на откос сооружения с морской стороны определяется по указаниям СНиП 2.06.04-82 и "Руководства" к СНиП П-57-75 [12] для сооружений

откосного профиля, принимая коэффициент податливости грунта K_2 равным 3.

3.2.5. Давление льда на вертикальную стенку экрана со стороны гавани следует определять по указаниям СНиП 2.06.04-82.

3.2.6. Вертикальное давление наброски принимается как вес элементов наброски (с учетом их взвешивания ниже расчетного уровня воды), приходящийся на единицу площади. Процент пустот в наброске принимается по рекомендации п. 2.1.6 (табл. 1).

3.2.7. Расчетное значение горизонтального активного давления наброски Q_a на вертикальный экран или на вертикальную расчетную плоскость определяется по формуле

$$Q_a = \frac{1}{2} H^2 \gamma \cdot \lambda_a \cdot \gamma_c \quad , \quad (10)$$

- где H - высота расчетной плоскости;
- γ - объемная масса наброски (средневзвешенная);
- λ_a - коэффициент активного давления наброски, принимаемый равным $\lambda_a = 0,17$;
- γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый по данным таблицы 3.

Таблица 3

Материал наброски	Коэффициент условия работы γ_c	
	Статическое давление	Совместное давление
Камень	1,0	1,0
Обыкновенные массивы	2,4	1,64
	2,1	1,12
Тетраподы	2,17	0,79
Гексабиты	1,62	0,72

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Статическое давление - давление только наброски при отсутствии волнения или

давление наброски и льда. Совместное давление - одновременное давление наброски и волн.

2. В числителе - для массивов с массой 4,5 т; в знаменателе - для массивов с массой 12,0 т. При других значениях массы массивов коэффициент γ_c принимается по интерполяции или по крайним значениям.

Если расчетная вертикальная плоскость пересекает откос наброски, то величину горизонтального активного давления Q_a на эту плоскость (участок I-2, рис.6) следует определять по формуле

$$Q_a = 0,414 \cdot G \cdot \gamma_c \quad , \quad (II)$$

где G - вес призмы обрушения в объеме контура I-2-3.

3.3. Методы расчета устойчивости сооружения

3.3.1. Расчет устойчивости сооружения следует производить, исходя из требований главы СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений, выполняя основное ее условие

$$\gamma_{ec} \cdot F \leq \frac{\gamma_{cy}}{\gamma_n} \cdot R \quad , \quad (I2)$$

где F и R - расчетные значения сдвигающих сил и сил предельного сопротивления грунта сдвигу;

γ_{ec} - коэффициент сочетания нагрузок, принимаемый согласно требованиям главы СНиП по основным положениям проектирования гидротехнических сооружений;

γ_{cy} - коэффициент условий работы, принимаемый по таблице 4.

Таблица 4

Характер потери устойчивости	Коеф. условий работы γ_{cy}
Сдвиг по плоскости и глубинный сдвиг по ломаным (фиксированным) поверхностям	1,0
Глубинный сдвиг по круглоцилиндрическим поверхностям (при расчете по методу Крея-Терцаги)	1,2
Опрокидывание вокруг ребра вращения	0,75

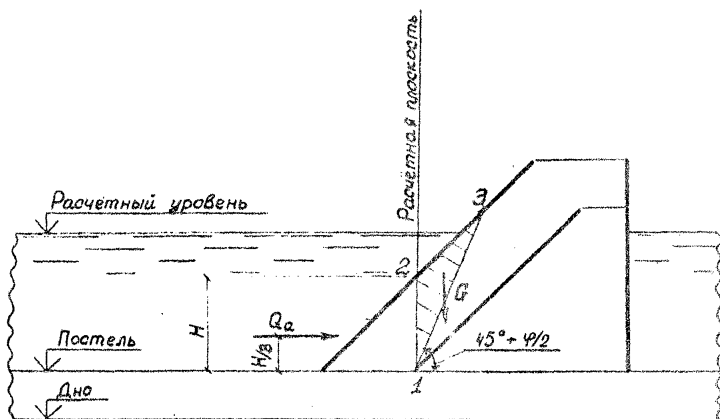


Рис.6. Схема определения активного давления наброски на расчетную плоскость, пересекающую откос наброски.

γ_n - коэффициент надежности сооружения по ответственности, который для сооружений I класса принимается равным 1,25, а II класса - 1,2.

ПРИМЕЧАНИЕ. В соответствии с Приложением 6 главы СНиП на проектирование оснований гидротехнических сооружений при определении F и R для оценки устойчивости сооружения на глубинный сдвиг по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения коэффициенты надежности по нагрузке, грунту и материалу следует принимать равным 1,0.

3.3.2. Общая устойчивость сооружения проверяется на действие наиболее неблагоприятного сочетания активных сил методом Крея-Терзаги (по круглоцилиндрическим поверхностям).

При этом рассматривается возможность потери устойчивости сооружения как в сторону гавани, так и в сторону моря (рис. 7). По результатам этих расчетов устанавливаются общие габариты сооружения и необходимый объем замены грунта.

3.3.3. Устойчивость жесткого экрана проверяется на скольжение по поверхности каменной постели, на скольжение совместно с постелью по поверхности грунта, на глубинный сдвиг и на поворот вокруг ребра (рис. 8).

Расчеты устойчивости экрана на скольжение по поверхности постели и по грунту совместно с постелью, а также на поворот вокруг переднего ребра следует производить по указаниям РД 31.31.27-81.

3.3.4. Расчет экрана на глубинный сдвиг производится после приведения основания жесткого экрана к фундаменту, расположенному на уровне подошвы каменной постели и имеющему ширину (см. рис. 8).

Ширина приведенного фундамента определяется по формулам:

$$b_2^* = \frac{a}{3} L \frac{c_b + 2c_n}{c_b + c_n} ; \quad (13)$$

$$L = l + 2t_3 ; \quad (14)$$

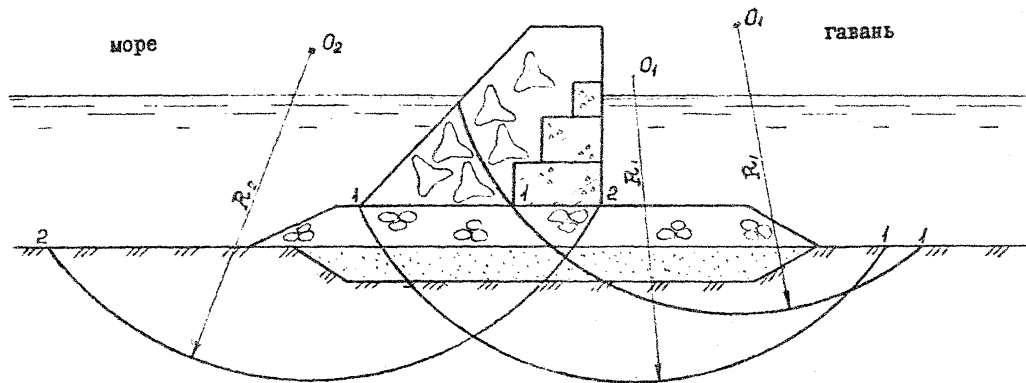


Рис.7. Схема расчета общей устойчивости сооружения по круглоцилиндрическим поверхностям :

I-I - поверхности сдвига в сторону гавани ; 2-2 - поверхность сдвига в сторону моря

$$l = 3a_R \leq b_1, \quad (15)$$

где a_R - расстояние от края основания экрана до точки приложения равнодействующей;

t_3 - толщина каменной постели.

Приведенные нормальные напряжения в точках А и В определяются по формулам:

$$\sigma_A = \sigma_{min} \frac{l}{L} + \gamma t_3, \quad (16)$$

$$\sigma_B = \sigma_{max} \frac{l}{L} + \gamma t_3, \quad (17)$$

Для обеспечения надежной работы сооружения по условию прочности основания должно быть выполнено условие

$$\sigma \leq R, \quad (18)$$

где σ - максимальное нормальное напряжение на поверхности каменной постели или на поверхности грунта;

R - расчетное сопротивление грунта основания, которое определяется в соответствии с указаниями

СНиП 2.02.02-85; для каменной постели допускается пользоваться указаниями Приложения 4

СНиП 2.02.02-85.

Величина приведенной вертикальной силы, действующей на фундамент, равна

$$\begin{aligned} F^* &= F + \gamma \cdot t_3 \cdot L, \\ Q^* &= Q, \end{aligned} \quad (19)$$

Устойчивость приведенного фундамента на глубинный сдвиг проверяется одним из принятых методов: по круглоцилиндрической поверхности - методом Крэй-Терцаги; по ломаным поверхностям - методом Маслова-Берера или методом ВНИИГ^{та}.

При этом учитывается профиль грунта и постели правее линии В-Г (см. рис. 6).

Осадка сооружения в результате уплотнения грунтов основания определяется по указаниям СНиП П-50-74, принимая расчетную ширину основания сооружения равной B_2^* , а нагрузку на основание

$$q = \frac{F^*}{B_2^*} = b_{пр}. \quad (20)$$

3.3.5. Масса массивов защитного покрытия наброски и масса камней, крепления откоса постели со стороны моря определяются по указаниям СНиП 2.06.04-82, с учетом коэффициента надежности $K_H = 1,2$.

3.3.6. При действии стоячих волн скорость (в м/сек.) на поверхности горизонтального участка каменной постели со стороны наброски, необходимую для оценки устойчивости камней верхнего слоя постели, следует определять по формуле

$$U_{max} = \frac{K \cdot K_{se} \cdot \gamma_c \cdot h}{\sqrt{\frac{\gamma_c}{g} \cdot \lambda \cdot S_h \frac{4\gamma_c}{\lambda} \cdot d_s}} \quad , \quad (21)$$

где K - коэффициент отражения, равный 1,5;

Значения остальных символов в формуле по данным СНиП 2.06.04-82.

При действии разбитых или прибойных волн для оценки устойчивости камней постели следует производить модельные исследования.

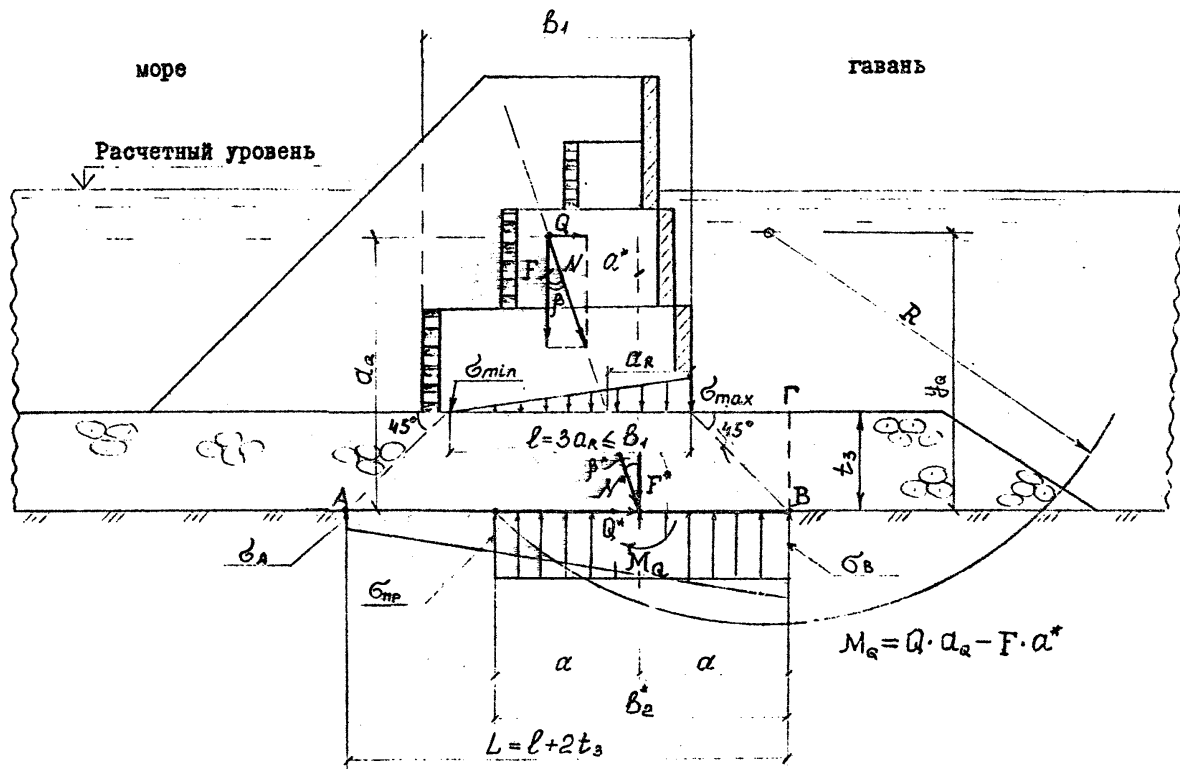


Рис. 6. К расчету устойчивости жесткого экрана

3.3.7. Массу камней (в т), обеспечивающую их устойчивость на поверхности постели, следует определять по формуле

$$m_k = 0,000048 \frac{\rho_m \cdot \sigma_{max}^6}{(\rho_m - 1)^3}, \quad (22)$$

где ρ_m - плотность материала камня в т/м³.

3.3.8. Расчеты прочности элементов конструкции выполняются на действие активных сил, перечисленных в п. 3.3.1 по указаниям действующих нормативных документов.

При расчете прочности учитываются коэффициенты надежности по нагрузке по данным СНиП 2.06.01 -86 .

3.3.9. Расчеты на строительный случай должны учитывать примененную технологическую схему производства работ по возведению сооружения.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИИ

4.1. При производстве и приемке работ по возведению сооружений из наброски с жестким экраном следует руководствоваться основными указаниями, разработанными для набросных сооружений (ВСН - 34/УП-60) и для сооружений из обыкновенных массивов (ВСН - 34/У - 75).

4.2. При применении свайных или уголковых конструкций жестких экранов технология возведения их должна отвечать требованиям, предъявляемым к подобным сооружениям соответствующими правилами.

4.3. При наличии в основании сооружения слабых грунтов и необходимости устройства песчаной подушки последняя отсыпается

из чистого мелкозернистого песка слоями, толщиной не более 0,50 м.

Отсыпанную песчаную подушку рекомендуется выдержать в течение времени не менее одного штормового сезона.

4.4. Бетонирование пустотелых бетонных массивов жесткого экрана должно выполняться без перерыва; строительные швы не допускаются. Железобетонные элементы передней стенки массива могут изготавливаться отдельно и моноличиваться с боковыми стенками при бетонировании массива.

4.5. Сетки железобетонных массивов ящичного типа изготавливаются раздельно на вибростолах и монтируются в ящик с помощью омоноличивания угловых сопряжений или сваркой закладных частей.

4.6. Монтаж железобетонных массивов, а также бетонирование бетонных пустотелых массивов большой массы рекомендуется производить на площадках вблизи причала, с которого их может взять плавающий кран.

4.7. Подъем и установку массивов рекомендуется выполнять с помощью подъемных рывов с применением траверсы или без нее.

4.8. Бетонные пустотелые массивы должны устанавливаться на весьма тщательно выровненную поверхность постели.

Железобетонные массивы устанавливаются на тщательно выровненную постель и только в пределах ширины лицевой опорной плиты железобетонных массивов делается весьма тщательное равнение постели.

4.9. Ширина вертикальных швов между массивами не должна превышать минимальный размер каменного заполнения их полости. При ширине вертикальных швов более 10 см их следует перекрывать железобетонными элементами.

Возведение сооружения рекомендуется производить этапами (см. рис. 9), включающими установку элементов жесткого экрана каж-

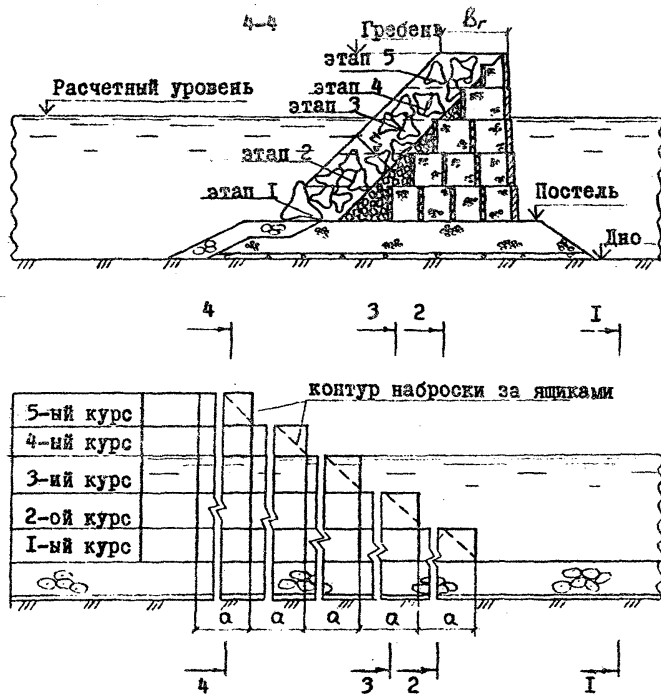
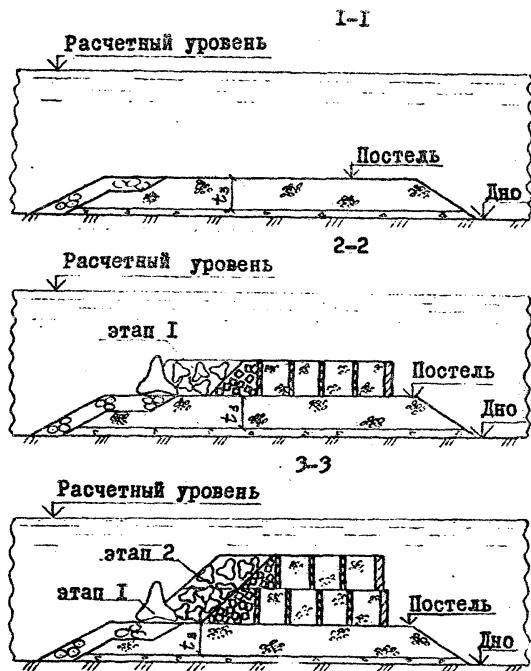



Рис. 9 . Последовательность производства работ

ного курса и наброску камня и защитных массивов до верха установленных элементов.

Работы каждого этапа следует выполнять захватками с опережением работ последующего этапа по фронту сооружения не более, чем на 30-50 м. Каменную постель допускается отсыпать на всем протяжении сооружения.

Руководитель темы,
директор Ленморниипроекта


А. Ф. Парфёнов

Ответственный исполнитель,
главный специалист НИОГС,
к. т. н.


А. К. Кривов

Заведующий научно-исследовательским
отделом гидротехнических сооружений,
к. т. н.


Ф. А. Маргыненько

Нач. сектора стандартизации
и метрологии


В. Г. Дементьев

Нормоконтролёр


Н. А. Уваров

Соисполнитель
ЦНИИС Минтрансстроя

Зав. отделом гидротехнических
сооружений, к. т. н. профессор


А. И. Кузнецов

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(рекомендуемое)

П Р И М Е Р

расчета и конструирования ограждающего сооружения из наброски с жестким экраном в виде железобетонного пустотелого массива с камерой гашения (рис.10)

В примере дана принципиальная конструкция сооружения, приведены расчеты по определению нагрузок от волновых и ледовых воздействий на сооружение и его элементы и расчеты общей устойчивости сооружения, определяющие его габариты.

По расчетам прочности элементов конструкции даны только общие указания, т.к. эти расчеты не отличаются от обычных расчетов инженерных сооружений.

I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Класс капитальности - II.

Сооружение находится в мелководной зоне Балтийского моря.

I.1. Параметры волн

а) эксплуатационный период

$$h = 3,0 \text{ м}; \quad \lambda = 58,0 \text{ м}; \quad T = 7 \text{ с};$$

б) строительный период

$$h = 2,0 \text{ м}; \quad \lambda = 30,0 \text{ м}.$$

I.2. Максимальная толщина льда I% обеспеченности $h = 0,42 \text{ м}$;
коэффициент пористости $K_p = 1,3$.

I.3. Отметка расчетного горизонта воды + 1,0 м; отметка дна минус 7,0 м.

I.4. Грунт основания - песчаный

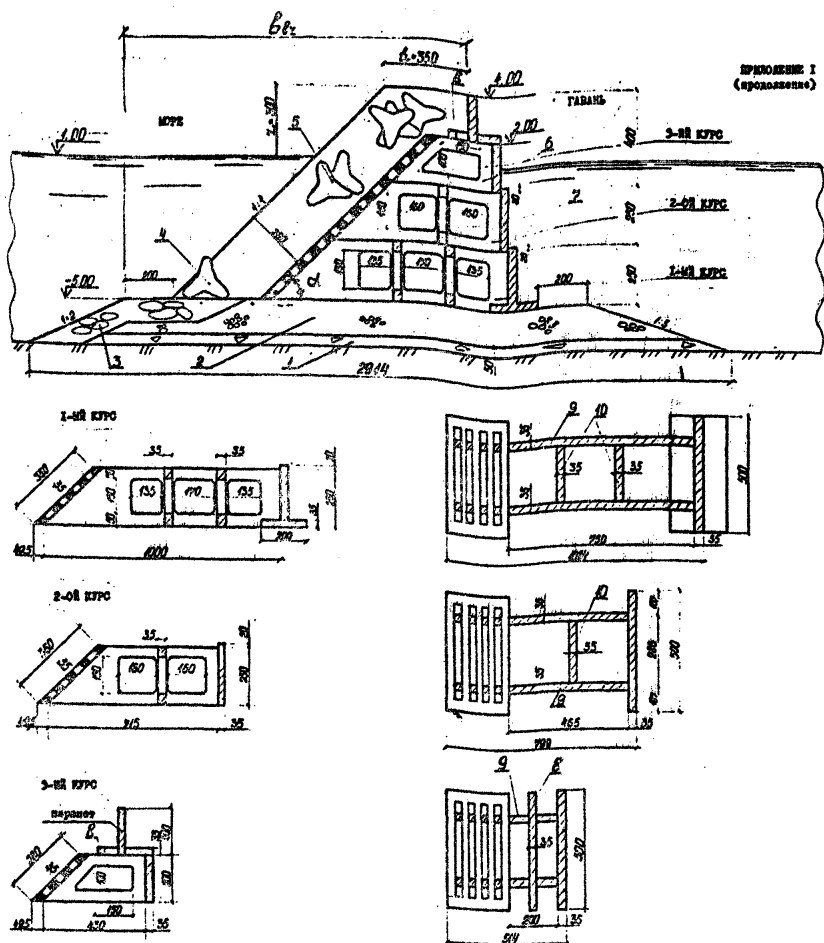


Рис.10. Сооружение с экраном из железобетонных пустотелых массивов с камерой гашения (размеры в см) :

1-обратный фильтр (щебень, гравий) ; 2-камень массой 30-100 кг ; 3-камень массой более 950 кг ; 4-упорный тетрапод ; 5-тетраподы ; 6-железобетонные массивы ; 7-камера гашения ; 8-железобетонная балка ; 9-поперечная стенки-рамы ; 10-рамы-перегородки

$$\varphi = 30^\circ; \quad \gamma_{н.к.} = 17 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\gamma_{н.с.} = 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$c = 0.$$

1.5. Материал наброски: фигурные массивы - тетраподы.

1.6. Коэффициент полноты наклонной и поперечных стенок сооружения $K_{пл} = 0,7$.

2. ГАБАРИТЫ ЗАЩИТНОЙ НАБРОСКИ

$$x_r = h = 3,0 \text{ м};$$

$$b_r = 0,06 \cdot R = 0,06 \cdot 58 = 3,48 \approx 3,5 \text{ м}$$

Угол наклона плиты камеры газнения и откоса наброски к горизонту $\alpha = 45^\circ$.

3. МАССА ЭЛЕМЕНТОВ НАБРОСКИ И ПОСТЕЛИ

Массивы принимаем одного размера для всех глубин. Массу их определяем по наиболее неблагоприятному условию, когда $\alpha < 0,7h$ по СНиП 2.06.04-82.

3.1. Масса тетраподов

$$m = \frac{K_{н.к.} \cdot \rho_m \cdot h^2 \bar{\lambda}}{\left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1\right)^3 \sqrt{1 + ctg^2 \varphi}} = \frac{0,08 \cdot 2,4 \cdot 3^2 \cdot 58}{\left(\frac{2,4}{1} - 1\right)^3 \sqrt{1 + 1^2}} = 2,58 \text{ т}$$

С учетом коэффициента надежности для сооружений II класса $K_H = 1,2$ (См. СНиП II-50-74 п.3.2)

$$m_r = 1,2 \times 2,58 = 3,10 \text{ т}$$

Принимаем по ГОСТу 20425-75 тетраподы Т-3, которые имеют массу 3,0 тонны и максимальный размер $H = 1,70 \text{ м}$.

Толщину слоя тетраподов принимаем по указанию СН 288-64 (п.6.22) равной $t_r = 1,5H \approx 2,60 \text{ м}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

3.2. Масса камня на откосе постели при $\text{ctg } \alpha = 2$

$$m = \frac{0,025 \cdot 24 \cdot 3^2 \cdot 58}{(24 - 1)^3 \sqrt{1 + 2^2}} = 3,8 \text{ т}$$

при $\bar{x} = 6 \text{ м}$ на отметке $- 5,000 \text{ м}$ по СНиП 2.06.04-82

$$m_x = m e^{-\left(\frac{25 \bar{x}^2}{\lambda^2}\right)} = 3,8 \cdot e^{-\left(\frac{25 \cdot 6^2}{3 \cdot 58^2}\right)} = 0,8 \text{ т}$$

С учетом $K_{\Sigma} = 1,2$ масса камня принимается равной

$$m_x = 1,2 \times 0,8 = 0,96 \text{ т}$$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ СИЛ

4.1. Давление волны (см. СНиП 2.06.04-82)

4.1.1. Эксплуатационный случай

$$d_b = 6,0 \text{ м} > 1,5 \text{ м} \quad h = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м}$$

$$d_{b2} = 6,0 \text{ м} > 1,25 \text{ м} \quad h = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ м}$$

При $\frac{d_{b2}}{\lambda} \approx \frac{11}{58} = 0,19$; $\frac{d_f}{d_b} = \frac{6}{8} = 0,75$ находим по

рис.2 СНиП^а $K_{\text{вз}} = 0,47$.

Расчетная глубина по формуле (1) СНиП^а

$$d = d_f + k_{b2} (d_b - d_f) = 6,0 + 0,47 (20 - 6,0) = 6,94 \approx 7,0 \text{ м}$$

Волновое число

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{58} = 0,108$$

Возвышение свободной волновой поверхности по формуле (2) СНиП^а

$$\eta = -h \cdot \cos \omega t - \frac{k h^2}{2} \text{cth } k d \cos^2 \omega t \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \eta &= -3,0 (+1) - \frac{0,108 \cdot 3,0^2}{2} \cdot \text{cth } (0,108 \cdot 7) (+1)^2 = \\ &= -3,75 \text{ м} \end{aligned}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

Ординаты эиры горизонтального волнового давления на оплом-
ную вертикальную плоскость вычисляем в соответствии с указанными
п. I.4 СНиП^а.

Значение коэффициентов $K_2 - K_5$, $K_8 - K_9$ определяем по графи-
кам рис. 3, 4, 5 предварительно вычислив крутизну волны.

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{3}{58} = 0,052$$

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{58}{7} = 8,286$$

Значение ординат P_0 эиры волнового давления определяем по
формулам таблицы I СНиП^а

$$P_{ci} = \kappa_i \rho g h$$

Результаты расчетов сведены в табл. 5 (см. также рис. IIa)

Таблица 5

№ точек	Заглубление точек, Z м	Значение коэффициентов		Значение волно- вого давления	
		κ_i		P_{ci}	кПа
1	-3,76	-	-		
2	0	K_2	0,95	23,5	
3	1,75	K_3	0,75	22,5	
4	3,5	K_4	0,67	20,1	
5	7,0	K_5	0,62	18,6	
6	на отв. -3,0	-	-		19,0

Площадь эиры горизонтального волнового давления на опломную
вертикальную плоскость $A_{\text{рх}} \approx 184,0$ м²/п.м.

Ординаты эиры горизонтального волнового давления на опломной
вертикальный экран, защищенный наклонной перфорированной плитой и

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

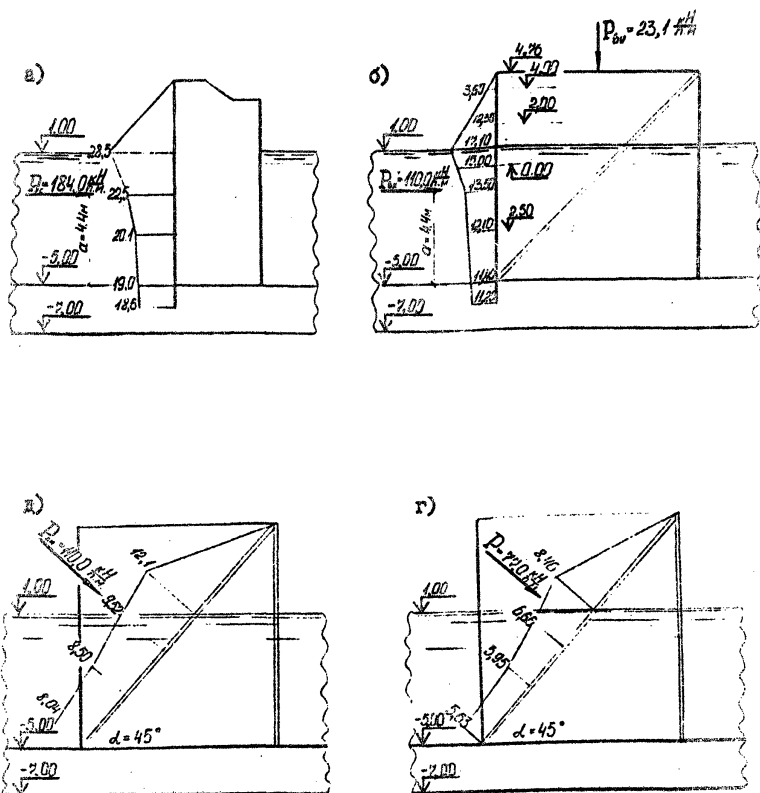


Рис. II. Эпюры волнового давления (интенсивность в кПа)
Эксплуатационный случай :

а) - на вертикальную стенку ; б) - на расчетные плоскости
оборудования с камерой гашения при расчете конструкции экрана
на сдвиг ; в) - на сплошную наклонную плиту ($\alpha = 45^\circ$), защищен-
ную тетраподами ; г) - на перфорированную (30%) наклонную плиту
камеры гашения, защищенную тетраподами.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

укладкой тетрапонов на ее поверхности, определяются по формуле

$$P_{\delta x} = K_c \cdot \rho_c, \text{ где } K_c = 0,6$$

Значения ординат этой эпюры приведены на рис. IIб; полное горизонтальное волновое давление на вертикальный экран, равно площади эпюры давления

$$P_{\delta x} = K_c \cdot A_{\rho x} = 0,6 \cdot 184,0 \approx 110,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Это давление принимается также действующим на расчетную вертикальную плоскость, проходящую через нижний край наклонной перфорированной плиты и должно учитываться при расчете устойчивости экрана на откат (см. рис. IIб); при этом дополнительная вертикальная нагрузка конструкции экрана от волнового давления определяется по формуле $P_{\delta y} = 0,3 \cdot K_{лн} \cdot P_{\delta x}$, где

$K_{лн}$ — коэффициент полноты ($K_{лн} = 0,7$)

$$P_{\delta y} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 110,0 = 23,1 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Согласно указаниям [12] такое же как $P_{\delta x}$ давление принимается действующим перпендикулярно к поверхности сплошной наклонной стенки при угле наклона ее к горизонту $\alpha > 45^\circ$ (см. рис. IIв)

$$P_{\delta x} = P_{\delta x} = 110,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Ординаты эпюры этого давления определяются по формуле

$$P_{\delta y} = P_{\delta x} \cdot \sin \alpha$$

С учетом перфорации наклонной плиты в размере 30% ординаты эпюры давления, нормальной к ее поверхности, определяются по формуле

$$P_{\delta y \kappa} = P_{\delta y} \cdot K_{лн}$$

Эта эпюра давления учитывается при расчете прочности наклонной перфорированной плиты (см. рис. II г).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(продолжение)

4.1.2. Строительный случай – наброска тетраподов на одном из курсов массивов отсутствует.

Для этого случая необходимо установить только волновые нагрузки определяющие устойчивость массивов непритруженных тетраподами. Определяющими прочность элементов конструкции являются другие нагрузки (волновые эксплуатационные, собственный вес).

Расчет аналогичен предыдущему

$$d_6 = 8,0 \text{ м} \quad d_{62} = 6,0 \text{ м}$$

$$\text{при } \frac{b_{62}}{\lambda} = \frac{II}{30} = 0,37 \text{ и } \frac{d_f}{d_6} = \frac{6}{8} = 0,75 \text{ по рис.2 СНиП}^a$$

$$K_{\text{вч}} = 0.$$

Расчетная глубина

$$d = d_f + K_{62} (d_6 - d_{62}) = 6 + 0(8 - 6) = 6,0 \text{ м}$$

Волновое число

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{30} = 0,209$$

Возвышение свободной волновой поверхности

$$\zeta_c = -2 \cdot (+1) - \frac{0,209 \cdot 2^2}{2} \operatorname{ctg} (0,209 \cdot 6) (+1)^2 = -2,49 \text{ м}$$

Значение ординат эпюр волнового давления определены по формуле СНиП^a

$$P_{ci} = K_i \rho g \zeta$$

Результаты расчетов сведены в табл.6 и приведены на рис.12

Таблица 6

№ Точек	Заглубление точек, Э м	Значения коэффициентов K_i		Значение волнового давления, кПа
1	-2,49	-	-	0
2	0	K_2	0,74	14,8
3	1,5	K_3	0,55	11,0
4	3,0	K_4	0,44	8,8
5	6,0	K_5	0,35	7,0

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

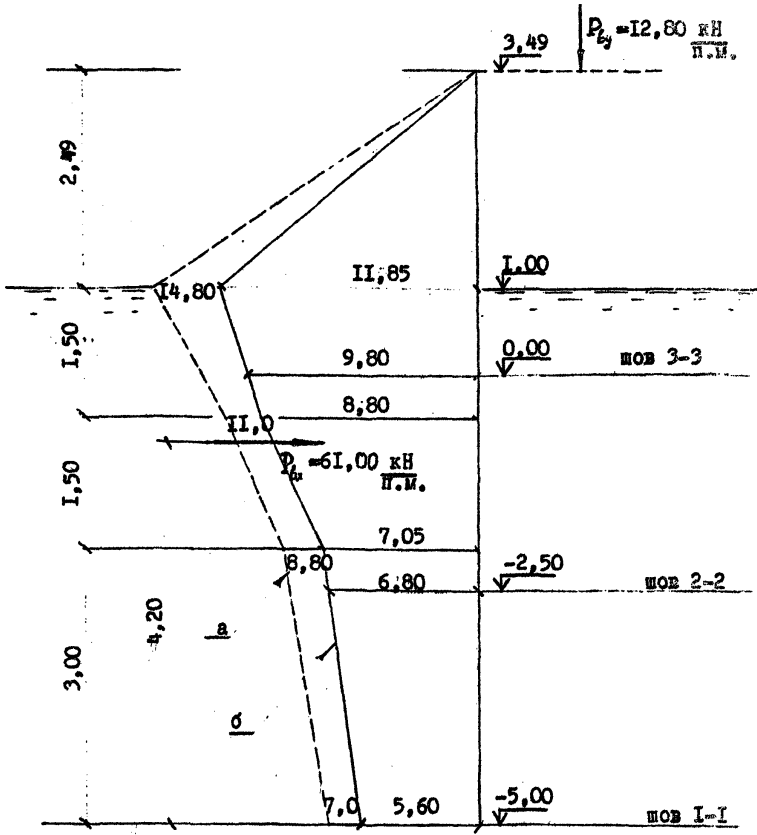


Рис.12. Строительный случай - перфорированная наклонная плита не покрыта тетраподами. Эпиры волнового давления : а) на сплошную вертикальную стенку ; б) на вертикальную плиту экрана и на расчетную плоскость всего сооружения (с учетом коэффициента снижения $K_c=0,8$; интенсивность в кПа)

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

Площадь экрана горизонтального волнового давления на сплошную вертикальную плоскость $A_{px} \approx 76,52 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$.

Для строительного случая, когда на наклонной плите камеры гашения отсутствует тетраподы, коэффициент снижения волнового давления на вертикальную плиту экрана равен $K_0 = 0,8$. Полное давление волны, на которое рассчитывается вертикальная плита экрана и все сооружение на устойчивость равно

$$P_{вх} = K_0 \cdot A_{px} = 0,8 \cdot 76,52 \approx 61,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Дополнительная вертикальная пригрузка от волнового давления, учитываемая при расчете сооружения на сдвиг

$$P_{бн} = 0,3 \cdot K_{ли} \cdot P_{вх} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 61,0 = 12,8 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

4.2. Ледовая нагрузка

Ледовую нагрузку следует учитывать только при расчете сооружения полного профиля (с пригрузкой тетраподами). В соответствии с этим должен составляться проект производства работ.

В соответствии с СНиП 2.06.04-82 и руководством к СНиП II-57-7 определяем горизонтальное и вертикальное давление от льда.

F_h - горизонтальную составляющую силы определяем по формуле:

$$F_h = 0,16 m_t R_f h_d^2 \cdot K_T$$

Среднесуточная температура воздуха за 6 дней $t_c = -28^\circ$ при осолености I-2% по СНиП 2.06.04-82

$$R_c = 1,05 + \frac{0,3}{15} \cdot 13 \approx 1,32 \text{ МПа}$$

для морского льда

$$R_f = \frac{I}{2} R_c = \frac{I}{2} \cdot 1,32 = 0,66 \text{ МПа}$$

Угол наклона к горизонту режущей грани с учетом ее обледенения $\alpha = 20^\circ$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$\beta = \alpha + 20^\circ = 45^\circ + 20^\circ = 65^\circ$$

$$m_t = 1,7 + \frac{3,7 - 1,7}{15} \cdot 5 = 2,4$$

Считая нагрузку на I п.м. принимаем $\delta = 1$ м

$$F_h = 0,1 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 0,66 \cdot 0,42^2 \cdot 1,3 \approx 0,0365 \text{ МН} \approx 3,65 \frac{\text{кН}}{\text{п.м.}}$$

В соответствии с указаниями руководства к СНиП П-57-75 повышенная шероховатость откосов обуславливает увеличение нагрузок, это учитывается введением коэффициентов K_1 и K_2

$$F'_h = K_1 K_2 F_h$$

где $K_1 = 1 + 0,055 (10 - m_\alpha)$; при $\alpha = 45^\circ$ $m_\alpha = 1$ и $K_1 = 1,5$;

$K_2 = 3$ (принято для откоса тетраподов);

$$F'_h = 1,5 \times 3,0 \times 36,50 = 164,25 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

В соответствии с СНиП 2.06.04-82 точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки принимаем ниже расчетного уровня воды на $0,3 h_\alpha$

Расчетный уровень для льда + 1,15 м.

Отметка действия льда

$$1,15 - 0,3 h_\alpha = 1,15 - 0,3 \cdot 0,48 = 1,15 - 0,14 \approx 1,00 \text{ м}$$

F_v - вертикальную составляющую силы определяем в соответствии с указаниями Руководства к СНиП П-57-75

$$F'_v = \frac{F'_h}{m_t} = \frac{164,25}{2,4} = 68,44 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

4.3. Давление наброски (рис.13 и формула II)

Вес призм обрушения для расчетных плоскостей:

I) I-2 (шов I-I)

$$G_1 \approx 30,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

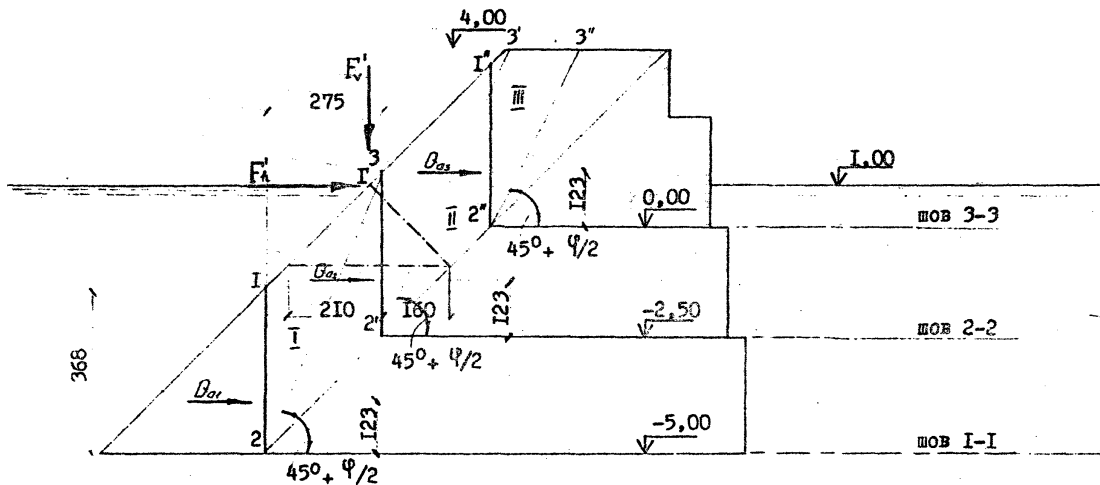


Рис.13. К определению давления льда и наброски при расчете устойчивости на сдвиг по швам конструкции экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

2) I'-2' (шов 2-2)

$$G_{\text{I}} \approx 41,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

3) I''-2'' (шов 3-3)

$$G_{\text{II}} = 25,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Давление наброски при одновременном давлении льда ($\gamma_c = 2,17$ по табл.3) для расчетных плоскостей:

1) I-2 (шов I-I)

$$D_{a1} = 0,414 \cdot 30,0 \cdot 2,17 = 26,95 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

2) I'-2' (шов 2-2)

$$D_{a2} = 0,414 \cdot 41,0 \cdot 2,17 = 36,83 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

3) I''-2'' (шов 3-3)

$$D_{a3} = 0,414 \cdot 25,0 \cdot 2,17 = 22,45 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

4.4. Веса элементов конструкции (с учетом взвешивания при горизонте воды на отметке + 1,0 м - рис.10 и 14)

4.4.1. Вес тетраподов, пригружающих экран

$$G = W \cdot K_{\text{пл}} \cdot \gamma, \text{ где}$$

W - полный объем элемента;

$K_{\text{пл}}$ - коэффициент полноты (по формуле 7);

γ - объемный вес

$$\text{Для тетраподов } K_{\text{пл}} = 1 - \frac{59}{100} = 0,41$$

$$\text{над водой } \gamma_{\text{н.в}} = 24 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\text{под водой } \gamma_{\text{п.в}} = 14 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

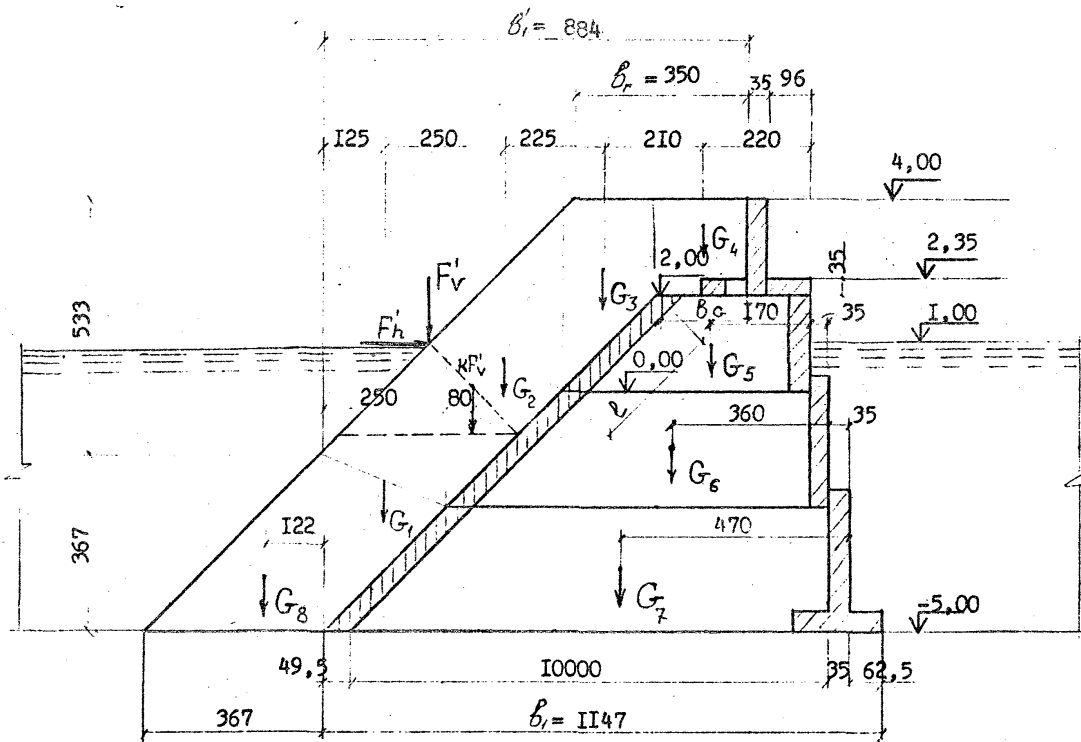


Рис.14. К определению веса элементов конструкции.

ПРИЛОЖЕНИЕ
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

1) На I курсе ж.б. пустотелых массивов

$$W_1 = 2,5 \times 3,67 = 9,18 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}} ; \gamma_1 = 14 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$G_1 = 9,18 \times 0,41 \times 14 = 52,8 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

2) На 2 курсе массивов

$$W_2 = 9,18 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}} ; \gamma_2 \approx \frac{24+14}{2} = 19 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$G_2 = 9,18 \cdot 0,41 \cdot 19 = 71,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

3) На 3 курсе массивов

$$W_3 = \frac{3,67 + 1,67}{2} \cdot 2,0 + \frac{1,67+2,0}{2} \cdot 0,33 = 5,94 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}}$$

$$\gamma_3 = 24 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$G_3 = 5,94 \times 0,41 \times 24 = 58,45 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$W_4 = 2,0 \times 2,0 = 4,0 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}} ; \gamma_4 = 24 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} ;$$

$$G_4 = 4,0 \times 0,41 \times 24 = 39,36 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

4.4.2. Веса железобетонных пустотелых массивов

Поперечные стенки, перегородки и наклонная плита массивов имеют перфорацию в размере 30%. Для этих элементов $K_{пл} = 1 - \frac{30}{100} =$

$= 0,7$. Длина массивов по фронту $l = 5,0$ м.

Для железобетона над водой $\gamma_{н.в.} = 25 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$

под водой $\gamma_{п.в.} = 15 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$

1) Массив 3 курса (3 м над водой, 1 м под водой)

$$G_{н.} = G_{н.пл.} + G_{в.ст.} + G_{гол.} + G_{гал.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

G_M - вес массива; $G_{M,пл.}$ - вес наклонной плиты;

$G_{лон.}$ - вес поперечных стен; $G_{бал.}$ - вес балки;

$$G_{M,пл.} = 0,495 \times 1,0 \times 25 \times 0,7 \times 5,0 + 0,495 \times 1,0 \times 15 \times 0,7 \times 5,0 = 69,30 \text{ кН}$$

$$G_{б.ст.} = 0,35 \times 3,0 \times 25 \times 5,0 + 0,35 \times 1,0 \times 15 \times 5,0 = 157,50 \text{ кН}$$

$$G_{лон.} = 2 \left(\frac{2,3+3,3}{2} \times 0,35 \times 1,0 \times 0,7 \times 25 + \frac{3,3+4,3}{2} \times 0,35 \times 1,0 \times 0,7 \times 15 \right) = 62,22 \text{ кН}$$

$$G_{бал.} = 0,35 \times 1,25 \times 5,0 \times 25 = 54,8 \text{ кН}$$

$$G_M = 69,30 + 157,50 + 62,22 + 54,8 = 343,82 \text{ кН}$$

$$G_S = \frac{G_M}{L} = \frac{343,82}{5,0} = 69,0 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

2) Массив 2 курса (под водой)

$$G_{M,пл.} = 0,495 \times 2,5 \times 0,7 \times 5,0 \times 15 = 64,97 \text{ кН}$$

$$G_{б.ст.} = 2,7 \times 0,35 \times 5,0 \times 15 = 70,88 \text{ кН}$$

$$G_{лон.} = 2 \times \frac{4,65+7,15}{2} \times 2,5 \times 0,35 \times 0,7 \times 15 = 108,41 \text{ кН}$$

$$G_{пер.} = 0,35 \times 2,5 \times 2,5 \times 0,7 \times 15 = 22,98 \text{ кН}$$

$$G_M = 64,97 + 70,88 + 108,41 + 22,98 = 267,24 \text{ кН}$$

$$G_B = \frac{G_M}{L} = \frac{267,24}{5,0} = 53,45 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

3) Массив I курса

$$G_{M,пл.} = 64,97 \text{ кН}$$

$$G_{б.ст.} = (2,0+2,25) \times 0,35 \times 5,0 \times 15 = 114,19 \text{ кН}$$

$$G_{лон.} = 2 \times \frac{7,50+10,00}{2} \times 2,5 \times 0,35 \times 0,7 \times 15 = 160,78 \text{ кН}$$

$$G_{пер.} = 2 \times 22,98 = 45,96 \text{ кН}$$

$$G_M = 64,97 + 114,19 + 160,78 + 45,96 = 385,90 \text{ кН}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$G_2 = \frac{G_n}{\rho} = \frac{385,90}{5,0} = 77,18 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

5. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕСТКОГО ЭКРАНА

Для удобства практического пользования РД формулу (12) преобразуем

$$\frac{R}{F} \geq A = \frac{\delta_{\text{св}} \cdot \delta_n}{\delta_{\text{св}}}$$

Величина А для различных случаев расчета устойчивости сооружений II класса ответственности помещена в табл.7

Таблица 7

Характер потери устойчивости	Величина А	
	строительный случай	эксплуатационный случай
Сдвиг по плоскости и глубинный сдвиг по ломаным (фиксированным) поверхностям скольжения	1,15	1,20
Глубинный сдвиг по круглоцилиндрической поверхности (при расчете по методу Крея-Терцаги)	0,95	1,0
Опрокидывание вокруг ребра вращения	1,50	1,60

где R - сумма удерживающих сил;

F - сумма сдвигающих сил

По результатам выполненных расчетов устанавливаем, что определяющей силой, сдвигающей сооружение, является сумма одновременно действующих давлений льда и наброски

$$F = F_{\lambda} + B_{\sigma} = 164,25 + 26,95 = 191,20 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Схема действия этих сил приведена на рис.13.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

3.1. Эксплуатационный случай

3.1.1. Устойчивость на сдвиг

Коэффициент трения бетона по камню и по бетону $f_f = 0,5$

$$R = \sum (G_i + F'_v) f_f$$

1) По каменной постели (шов I-I)

$$\sum_{i=1}^{i=7} G = 52,80 + 71,50 + 58,45 + 39,36 + 69,00 + 53,45 + 77,18 =$$

$$= 421,74 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$R = (421,74 + 68,44) \cdot 0,5 = 245,09 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{245,09}{191,20} = 1,28 > A = 1,2$$

2) По шву 2-2

$$\sum G = G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 = 71,5 + 58,45 + 39,36 + 69,0 + 53,45 =$$

$$= 291,76 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Вертикальная составляющая давления льда действует на второй курс массивов только частично, распределяясь между первым и вторым курсами. Для второго курса коэффициент распределения $K = \frac{1,6}{2,1+1,6} = 0,433$ (см. рис. I3)

$$F'_v = F_v \cdot K = 68,44 \cdot 0,433 = 29,63 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$R = (\sum G + F'_v) f_f = (291,76 + 29,63) \cdot 0,5 = 160,69 \frac{\text{кН}}{\text{п.м.}}$$

$$F = F'_k + D_{a_2} = 164,25 + 36,83 = 201,08 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{160,69}{201,08} = 0,8 < A = 1,2$$

Для обеспечения устойчивости необходимо, чтобы массив 2-го курса упирался в консольный выступ массива I курса, который должен воспринять силу P (см. рис. I5)

$$P_I = 1,2 \cdot 201,08 - 160,69 = 80,61 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

3) По шву 3-3

$$\Sigma G = G_3 + G_4 + G_5 = 58,45 + 39,36 + 69,00 = 166,81 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

Вертикальная составляющая давления льда на третий курс массивов не распространяется и в расчетах не должна учитываться

$$R = \Sigma G \cdot f = 166,81 \times 0,50 = 83,40 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$F = F'_k + B_{03} = 164,25 + 22,45 = 186,70 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{83,45}{186,70} = 0,44 < A = 1,2$$

Для обеспечения устойчивости необходимо, чтобы массив 3-го курса упирался в консольный выступ массива 2-го курса, который должен воспринять силу P (см. рис. I5)

$$P_{II} = 1,2 \cdot 186,70 - 83,45 = 140,59 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

5.1.2. Устойчивость на поворот вокруг ребра (см. рис. I4)

$$\frac{M_{уд.}}{M_{опр.}} \geq A$$

где $M_{уд.}$ - сумма удерживающих моментов сил, действующих выше рассматриваемого сечения (R);

$M_{опр.}$ - сумма опрокидывающих моментов сил, действующих выше рассматриваемого сечения (F).

1) Устойчивость всего сооружения (выше шва I-I)

$$M_{уд.} = \Sigma G_i \times l_i + F_v' \ell_f = G_1(II,47-I,25) + G_2(II,47-3,7) + G_3(II,47-6,0) + G_4(II,47-8,10) + G_5(I,70+I,42) +$$

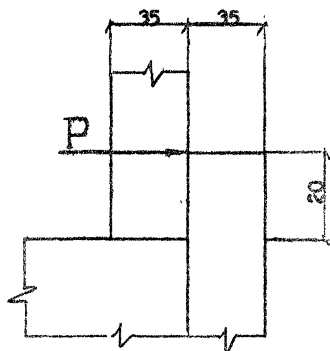
ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

Рис. 15. К расчету консольных выступов железобетонных массивов.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$\begin{aligned}
 &+ G_6 (3,60+0,97) + G_7 (4,70+0,625) + F'_V (15,14-6,00) = \\
 &= 52,8 \cdot 10,22 + 71,5 \cdot 7,72 + 58,45 \cdot 5,47 + 39,36 \cdot 3,37 + 69,0 \cdot 3,12 + \\
 &+ 53,45 \cdot 4,57 + 77,18 \cdot 5,325 + 68,44 \cdot 7,82 = 2949,69 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{опр}} = F'_k \ell_F + B_{\alpha_1} \ell_D = 164,25 \times 6,0 + 26,95 \cdot 1,23 = 1018,65 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}$$

$$\frac{M_{\text{уз.1}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{2949,69}{1018,65} = 2,89 > \lambda = 1,6$$

2) Устойчивость второго и третьего курсов массивов (выше шва 2-2)

$$\begin{aligned}
 M_{\text{уз.2}} &= \sum G_i \ell_i + \kappa F'_V \ell_{Fk} = G_2 (2,25+2,10+2,20+0,35) + \\
 &+ G_3 (2,10+2,20+0,35) + G_4 (2,20+0,35) + G_5 (1,70+0,35) + \\
 &+ 0,433 \cdot 68,44 = 71,5 \cdot 6,90 + 58,45 \cdot 4,65 + 39,36 \cdot 2,55 + 69,0 \cdot 2,05 + \\
 &+ 29,63 = 1036,59 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{опр}} = F'_k \ell_k + B_{\alpha_2} \ell_a = 164,25 \cdot 3,50 + 26,95 \cdot 1,23 = 608,02 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}$$

$$\frac{M_{\text{уз.2}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{1036,59}{608,02} = 1,70 > \lambda = 1,6$$

3) Устойчивость третьего курса массивов (выше шва 3-3)

$$\begin{aligned}
 M_{\text{уз.3}} &= \sum G_i \ell_i = G_3 \times (2,10+2,20) + G_4 \times 2,20 + G_5 \times 1,70 = \\
 &= 58,45 \times 3,30 + 39,36 \times 2,20 + 69,0 \times 1,70 = 396,777 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{опр}} = F'_k \times 1,0 + B_{\alpha_3} \cdot 1,23 = 164,25 \times 1,0 + 22,45 \times 1,23 = 191,86 \frac{\text{кНм}}{\text{П.М}}$$

$$\frac{M_{\text{уз.3}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{396,777}{191,86} = 2,07 > \lambda = 1,6$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

5.1.3. Напряжения в основании сооружения

1) Характеристика площади опирания железобетонных пустотелых массивов I курса (см. рис. I6).

Расстояние от края площади опирания до центра тяжести

$$l = \frac{\sum S_i a_i}{\sum S_i}$$

где S_i - элемент площади $\sum S_i = 20,53 \text{ м}^2$;

a_i - расстояние от центра тяжести элемента площади до края площади опирания

$$l = \frac{2,0 \times 5,0 \times 1,0 + 0,7 \times 2,5 \times 4,77 + 0,7 \times 8,97 \times 6,48 + 0,5 \times 5,0 \times 11,22}{20,53} = 4,24 \text{ м.}$$

Момент инерции площади опирания относительно оси 0-0 (см.)

$$J = \sum (J_{ц.т.} + a^2 F)$$

$$J_{0-0} = \frac{5,0 \times 0,5^3}{12} + 2,5 \times 6,98^2 + \frac{2,5 \times 0,7^3}{12} + 1,75 \times 0,532 + \frac{0,7 \times 8,97^3}{12} + 6,3 \times 2,24 + \frac{5,0 \times 2,0^3}{12} + 10,0 \times 3,24^2 = 304,435 \frac{\text{м}^4}{\text{блок}}$$

Моменты сопротивления площади опирания на I п.м. сооружения (по фронту)

$$W_{1-1} = \frac{J_{0-0}}{l \times L} = \frac{304,435}{4,24 \times 5,0} = 14,36 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}}$$

$$= \frac{J_{0-0}}{(B-l) \times L} = \frac{304,435}{(11,47 - 4,24) \times 5,0} = 8,43 \frac{\text{м}^3}{\text{п.м}}$$

Расстояние от края площади опирания до равнодействующей вертикальных сил

$$a_R = \frac{M_{ц.т.}}{F} = \frac{2949,69}{490,18} = 6,02 \text{ м}$$

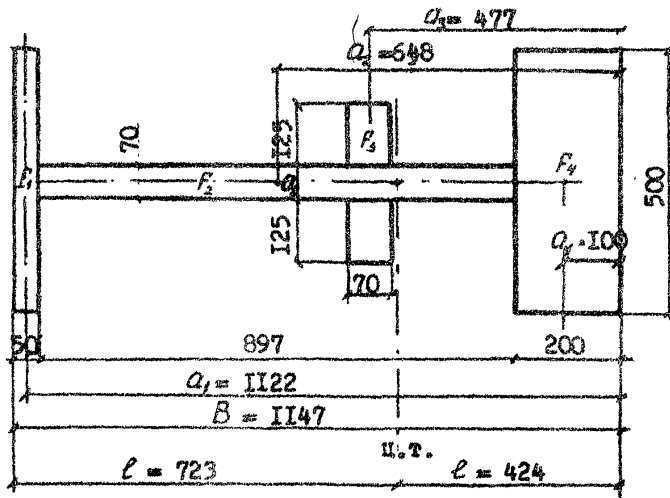


Рис.16. Схема подошвы массивов I-го курса.

$F_1 = 25006 \text{ см}^2$; $F_2 = 63000 \text{ см}^2$; $F_3 = 17500 \text{ см}^2$; $F_4 = 100000 \text{ см}^2$

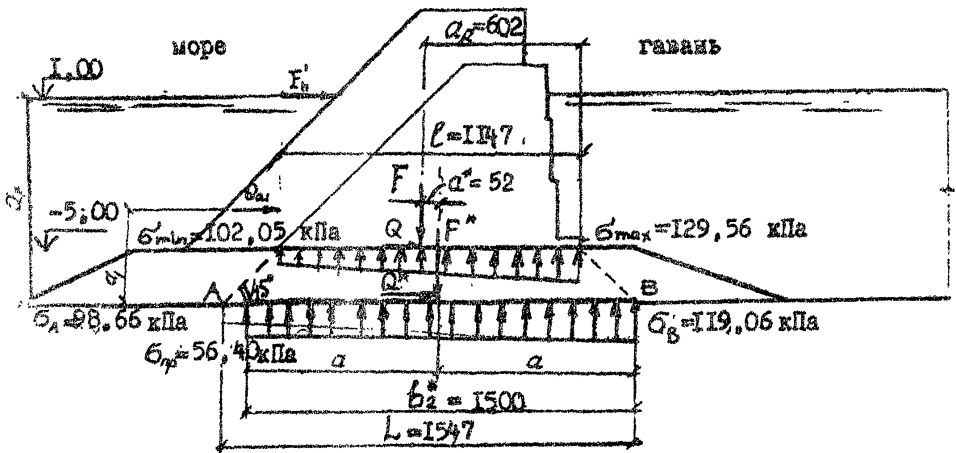


Рис.17. Напряжения з основания и приведенный фундамент.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

Эксцентриситет приложения равнодействующей

$$e = a_2 - l = 6,02 - 4,24 = 1,78 \text{ м}$$

2) Напряжения на поверхности постели (см. рис. 17)

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{F}{\sum S_i} \pm \frac{F \cdot e \cdot a_1 + D_{\text{вн}} \cdot l_0 - F \cdot e}{W_{f-1}}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{max}} &= \frac{490,18 \times 5}{20,53} + \frac{164,25 \times 6,0 + 26,95 \times 1,23 - 490,18 \times 1,78}{14,36} = \\ &= 129,56 \text{ кПа} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{490,18 \times 5}{20,53} - \frac{164,25 \times 6,0 + 26,95 \times 1,23 - 490,18 \times 1,78}{14,36} = 102,05 \text{ кПа}$$

3) Характеристика приведенного фундамента

$$l = b_1 = 11,47 \text{ м}; \quad t_3 = 2,0 \text{ м};$$

$$\text{по формуле (14)} \quad L = 11,47 + 2,0 \times 2 = 15,47$$

по формулам (16) и (17)

$$\sigma_A = 102,05 \cdot \frac{11,47}{15,47} + 11,50 \times 2,0 = 98,66 \text{ кПа}$$

$$\sigma_B = 129,56 \cdot \frac{11,47}{15,47} + 11,50 \times 2,0 = 119,06 \text{ кПа}$$

по формуле (13)

$$b_2^* = \frac{2}{3} \cdot 15,47 \cdot \frac{119,06 + 2 \times 28,66}{119,06 + 28,66} = 15,00 \text{ м}$$

по формуле (19)

$$F^* = 490,18 + 11,50 \times 2,00 \times 15,47 = 845,99 \frac{\text{кН}}{\text{п.м.}}$$

Средняя величина нагрузки на основание приведенного фундамента (по формуле 20)

$$\sigma_{\text{пр}} = q = \frac{845,99}{15,0} = 56,40 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

Горизонтальная составляющая Q^* , действующая на приведенный фундамент

$$Q^* = F_{\lambda}^* + Q_{a1} = 164,25 + 26,95 = 191,20 \frac{\text{кН}}{\text{п.м.}}$$

Силы F^* и Q^* учитываются при расчетах устойчивости приведенного фундамента на глубинный сдвиг.

5.1.4. Устойчивость по схеме глубинного сдвига

В предположении скольжения по круглоцилиндрическим поверхностям проверяем устойчивость всего сооружения и приведенного фундамента методом Крея-Терцаги.

Результаты расчета приведены на рисунках 18 и 19.

5.2. Строительный случай

Основной нагрузкой в строительный период является давление волны с параметрами $h = 2,0$ м и $\lambda = 30,0$ м.

Возведение сооружения производится по курсам и в этот период конструкция неполного профиля работает, как затопленный волнолом.

В связи с отсутствием строгого теоретического решения для этого случая эюкру волнового давления, действующего на каждый курс массивов, принимаем равной соответствующей части эюкры волнового давления, построенной для сооружения полного профиля с камерой гашения, не покрытой тетраподами (см. рис. 12).

Волновое давление

$$\text{на I курс } P_{6x_1} = \frac{6,80 + 5,60}{2} \cdot 2,70 = 16,74 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\text{на 2 курс } P_{6x_2} = \frac{9,80 + 6,80}{2} \cdot 2,70 = 22,41 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

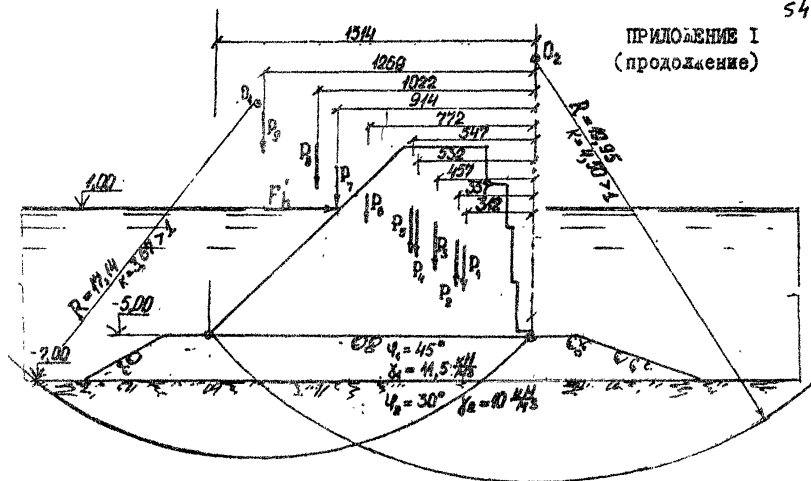


Рис. 18. Расчет общей устойчивости сооружения совместно с наброской и постелью методом Края-Терцаги.

Значения сил в $\frac{\text{кН}}{\text{м.м.}}$: $P_1 = G_5 = 69,40$; $P_2 = G_4 = 39,36$;
 $P_3 = G_6 = 53,45$; $P_4 = G_7 = 77,18$; $P_5 = G_3 = 58,45$; $P_6 = G_2 = 71,5$
 $P_7 = F'_v = 68,44$; $P_8 = G_1 = 52,80$; $P_9 = 38,80$; $F'_h = 164,25$

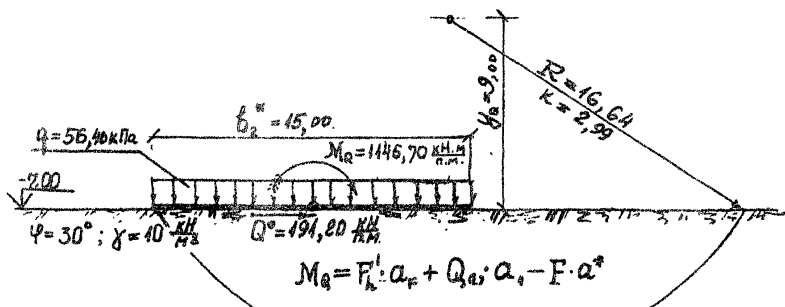


Рис. 19. Расчет общей устойчивости приведенного фундамента.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$\text{на 3 курс } D_{\delta_{\lambda_3}} = \frac{9,80+11,85}{2} \cdot 1,0 + \frac{11,85 \times 2,49}{2} = 25,58 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

5.2.1. Устойчивость на сдвиг

1) По каменной постели (массивы I курса)

$$R = G_7 \cdot f = 77,18 \times 0,5 = 38,59 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$F = P_{\delta_{\lambda_1}} = 16,74 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{38,59}{16,74} = 2,30 > A = 1,15$$

2) По шву 2-2 (массивы 2 курса)

$$R = G_c \cdot f + P^I = 53,45 \times 0,5 + 80,61 = 107,31 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$F = P_{\delta_{\lambda_2}} = 22,41 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{107,31}{22,41} = 4,8 > A = 1,15$$

3) По шву 3-3 (массивы 3 курса)

$$R = G_5 \cdot f + P^{II} = 69,0 \times 0,5 + 140,59 = 175,09 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$F = P_{\delta_{\lambda_3}} = 25,58 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{175,09}{25,58} = 6,8 > A = 1,15$$

4) По каменной постели трех курсов массивов без пригрузки их тетраподами

$$R = (G_7 + G_8 + G_7 + 0,3P_{\delta_{\lambda}}) \cdot f = 69,0 + 53,45 + 77,18 + 0,3 \times 61,83 \cdot 0,5 = 109,09 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$F = P_{\text{вх}} = 61,83 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{R}{F} = \frac{109,09}{61,83} = 1,76 > A = 1,15$$

5.2.2. Устойчивость на поворот вокруг ребра

I) Устойчивость первого курса

$$M_{\text{вз}} = G_2 \cdot (4,7 + 0,625) = 77,18 \times 5,325 = 411,0 \frac{\text{кНм}}{\text{п.м}}$$

$$M_{\text{опр}} = P_{\text{вх}} \cdot 1,3 = 16,74 \times 1,3 = 21,8 \frac{\text{кНм}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{M_{\text{вз}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{411,0}{21,8} = 19 \gg A = 1,6$$

Устойчивость на опрокидывание каждого курса массивов в отдельности очевидна. Поэтому проверим дополнительно только устойчивость сооружения из трех курсов массивов без пригрузки их тетраподами (рис. 12 и 14).

$$\begin{aligned} M_{\text{вз}} &= G_2 \cdot x(1,7 + 0,35 + 0,35 + 0,625) + G_3 \cdot x(3,60 + 0,35 + 0,625) + \\ &+ G_4 \cdot (4,70 + 0,625) = 69,0 \times 3,02 + 53,45 \times 4,57 + 77,18 \times 5,325 = \\ &\cong 863,24 \frac{\text{кНм}}{\text{п.м}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{опр}} = 61,83 \times 4,20 = 259,68 \frac{\text{кНм}}{\text{п.м}}$$

$$\frac{M_{\text{вз}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{863,24}{259,68} = 3,32 > A = 1,5$$

Результаты расчета показывают, что в период строительства конструкция жесткого экрана обладает достаточной устойчивостью и может возводиться не только по курсам, но и сразу на полную высоту и пригружаться тетраподами только ко времени, когда могут иметь место ледовые воздействия.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

6. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ И НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЭЛЕМЕНТЫ
КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНА В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

6.1. Наклонная перфорированная плита

Плита рассчитывается как однопролетная балка с двумя консолями (см. рис. I4 и 20).

Расчетные нагрузки, действующие на плиту нормально ее поверхности.

1) Собственный вес с учетом коэффициента полноты $k_{нл} = 0,7$ и угла наклона $\alpha = 45^\circ$.

$$q_{с.б} = t_n \cdot \gamma_{п.б} \cdot k_{нл} \cdot \sin \alpha \cdot \gamma_n$$

где t_n - толщина плиты;

γ_n - коэффициент надежности по нагрузке

$$q_{с.б} = 0,35 \times 15 \times 0,7 \times 0,707 \times 1,05 = 2,73 \text{ кПа}$$

2) Нагрузки от тетраподов, лежащих на 3-м курсе массивов (см. рис. I4)

$$q_r = \frac{G_3 \cdot \cos \alpha \cdot \gamma_n}{l}$$

где l - длина наклонной перфорированной плиты

$$q_r = \frac{58,45 \times 0,707 \times 1,05}{2,82} = 15,39 \text{ кПа}$$

3) Волновая нагрузка (см. рис. II-г)

$$q_{в.т.н.} = P_{в.н.} \cdot \gamma_n = 8,46 \times 1,0 = 8,46 \text{ кПа}$$

4) Ледовая нагрузка (см. рис. 2I)

$$q_2 = \frac{(F_n \cdot \sin \alpha + F_v \cdot \cos \alpha) \gamma_n}{a_1}$$

где a_1 - размер участка передачи нагрузки;

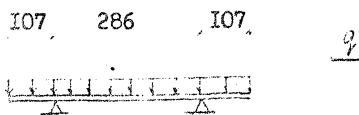


Рис.20. Расчетная схема наклонной перфорированной плиты.

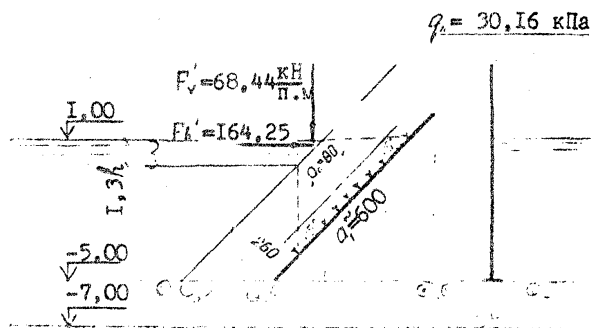


Рис.21. К определению нагрузки от льда на наклонную плиту железобетонного экрана.

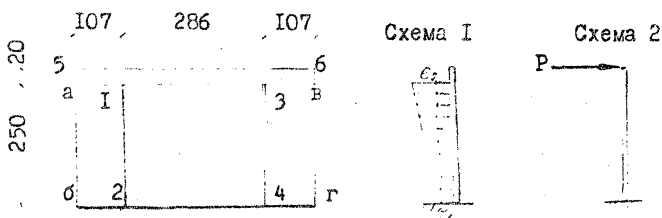


Рис.22. Расчетные схемы вертикальной плиты I-го курса массивов.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$q_1 = \frac{(164,25 \times 0,707 + 68,44 \times 0,707) \times 1,1}{6,0} = 30,16 \text{ кПа}$$

$q_1 > q_{в.т.н.}$ поэтому в расчет вводим q_1

$$q = q_{с.в.} + q_T + q_1 = 2,73 + 15,39 + 30,16 = 48,28 \text{ кПа}$$

Расчетная ширина элемента (при коэффициенте полноты плиты $K_{пл} = 0,7$) плиты $b = 1,0 \times 0,7 = 0,70 \text{ м}$

6.2. Вертикальные лицевые стенки

6.2.1. Стенка I-го курса массивов (см. рис. 22)

Вертикальная стенка массивов рассчитывается как плита, заделанная по опорному контуру δ - 2-I-4-3 -Г и нагруженная или эпурой волнового давления по площади а-б-в-г, или линейной силой от воздействия льда P - по краю плиты 5-6.

Значения нагрузок (см. рис. IIб и п. 5.1.1):

$$e_1 = p_{\delta_k} \cdot \gamma_H = 11,40 \times 1,0 = 11,40 \text{ кПа}; \quad e_2 = 12,10 \text{ кПа};$$

$$P = (F_{2-2} - R_{2-2}) \cdot \gamma_H = (201,08 - 160,69) \cdot 1,1 = 44,43 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

6.2.2. Стенка 2-го курса массивов (см. рис. 23)

Стенка рассчитывается как плита, заделанная по опорным линиям I-2 и 3-4 и нагруженная или эпурой волнового давления по площади а-б-в-г, или линейными нагрузками от воздействия льда P_1 и P_2 по краям плиты (см. рис. IIб и п. 5.1.1).

Значения нагрузок

$$e_1 = 12,10 \text{ кПа}; \quad e_2 = 13,50 \text{ кПа}; \quad e_3 = 15,00 \text{ кПа};$$

$$P_1 = (F_{3-3} - R_{2-2}) \cdot \gamma_H = (186,70 - 83,45) \cdot 1,1 = 113,57 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$P_2 = (F_{2-2} - R_{2-2}) \cdot \gamma_H = 44,43 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

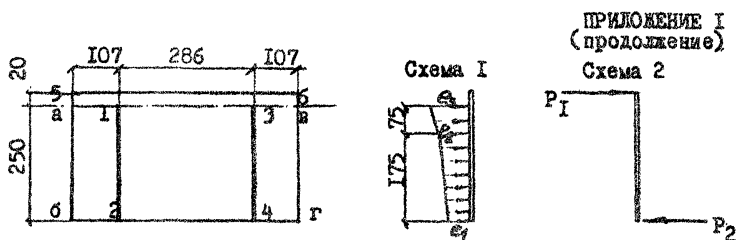


Рис.23. Расчетные схемы вертикальной плиты 2-го курса массивов.

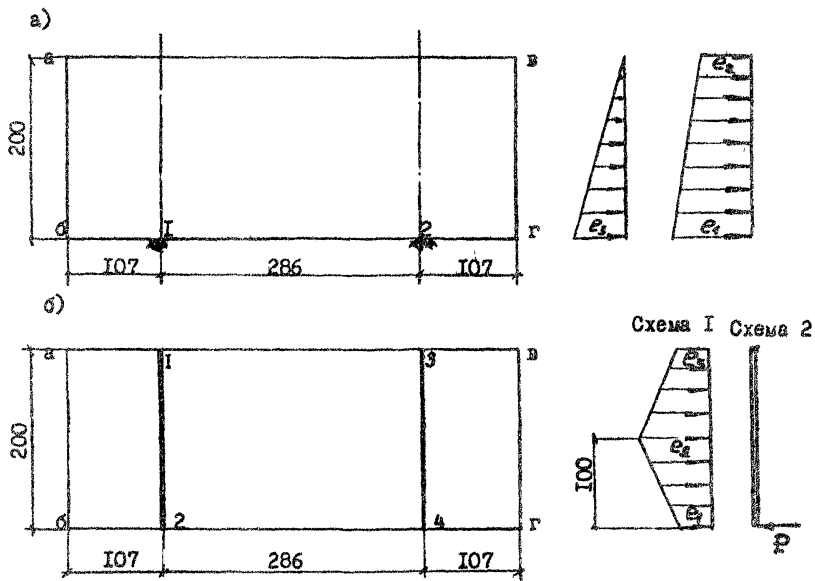


Рис.24. Расчетные схемы вертикальных стенок массива 3-го курса :

а) парапета ; б) лицевой стенки.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

6.2.3. Стенки 3-го курса массивов

I) Парапет (см. рис. 24а)

Парапет рассчитывается, как плита, опертая по линии б-г, заделанная в узлах "1" и "2" и нагруженная эпюрами давления волн и наброски (совместное действие) по площади а-б-в-г.

Интенсивность нагрузок (см. рис. IIб):

$$e_1 = \rho_{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{л}} = 12,30 \times 1,0 = 12,30 \text{ кПа}; \quad e_2 = 3,60 \text{ кПа};$$

$$e_3 = K_{\text{кл}} \cdot \gamma_{\text{л}} \cdot \lambda_{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{л}} = 2,0 \times 0,41 \cdot 24 \times 1,05 \times 0,17 = 3,51 \text{ кПа}$$

Лицевая стенка (см. рис. 24б)

Лицевая стенка рассчитывается как плита, заделанная по опорным линиям 1-2 и 3-4 и нагруженная или эпюрой волнового давления по площади а-б-в-г, или линейной силой P от воздействия льда по линии б-г.

Интенсивность нагрузок (см. рис. IIб и п. 5. II):

$$e_1 = \rho_{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{л}} = 12,30 \times 1,0 = 12,30 \text{ кПа}; \quad e_2 = 17,10 \text{ кПа}; \quad e_3 = 12,30 \text{ кПа}$$

$$P = (F_{3-3} - R_{3-3}) \cdot \gamma_{\text{л}} = 113,57 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

6.2.4. Балка (см. рис. 25)

Балка, перекрывающая массив 3-го курса, рассчитывается на действие равномерной нагрузки от веса тетраподов ($q_{\text{т}}$) волнового воздействия ($q_{\text{в}}$) и собственного веса ($q_{\text{св}}$) по схеме однопролетной консольной балки.

Интенсивность нагрузок:

$$q_{\text{т}} = G_{\text{т}} = 39,36 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}} \quad (\text{см. п. 4.4. I})$$

$$q_{\text{в}} = \frac{0,3 \cdot K_{\text{кл}} \cdot P_{\text{в}}}{b'} \cdot b_{\text{с}} \quad (\text{см. рис. I4})$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

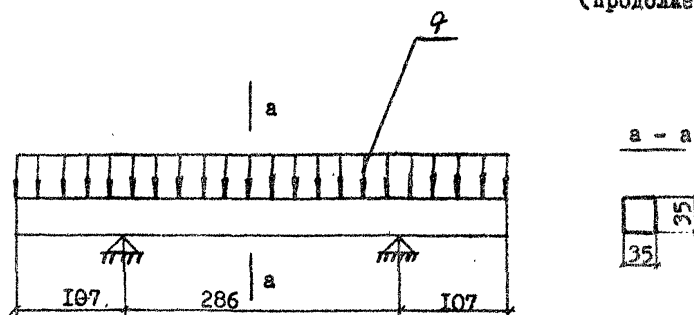


Рис.25. Расчетная схема верхней балки.

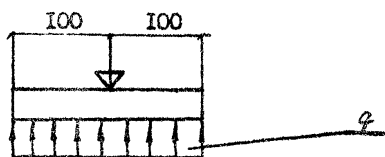


Рис.26. Расчетная схема плиты основания.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$q_6 = \frac{0,3 \cdot 0,7 \cdot 23,10}{8,84} \cdot 2,0 = 1,10 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$q_{с.б.} = 0,35 \times 0,35 \times 25 \times 1,05 = 3,22 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

$$q = \sum q = 39,36 + 1,10 + 3,22 = 43,68 \frac{\text{кН}}{\text{п.м}}$$

6.3. Плита основания (см. рис. 26)

Плита основания рассчитывается как двухконсольная балка с опорой по середине, нагруженная собственным весом и реактивным давлением грунта основания (каменной постели).

Интенсивность нагрузки

$$q = (q_{с.б.} - 5) \gamma_n \approx \\ \approx (0,35 \cdot 15 - 31,74) \cdot 1,1 = -29,14 \text{ кПа}$$

6.4. Поперечные и продольные стенки – рамы камеры гашения

Эти элементы являются опорами наклонных плит, вертикальных плит и верхней балки и рассчитываются на реактивные давления, полученные при расчете упомянутых элементов, а также на реактивное давление грунта основания и натрузку от собственного веса элементов.

Расчетные схемы рамных конструкций приведены на рис. 27.

7. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ И НАГРУЗКИ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Расчетные схемы элементов конструкции в строительный период зависят от принятой технологии строительных работ и не отличаются от обычных для промышленного строительства.

Основными расчетными нагрузками этого периода является собственный вес элементов с учетом коэффициента динамичности, равного 1,3.

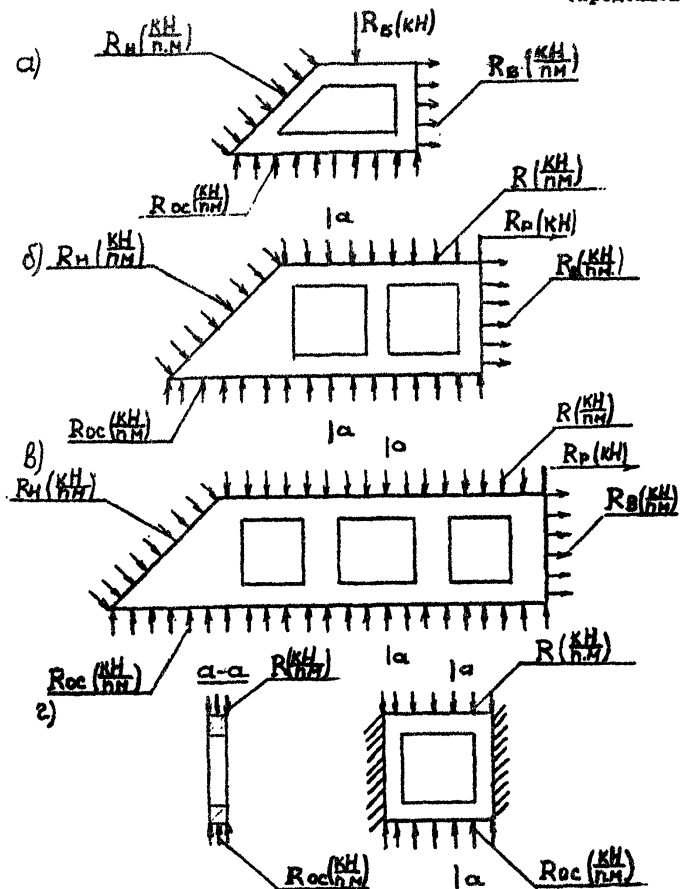


Рис.27. Расчетные схемы поперечных и продольных стенок-рам камеры гашения

- R_n - реакции опор наклонных перфорированных плит;
- R_B - реакции опор вертикальных лицевых плит;
- R_B - реакции опор верхней балки ;
- R_D - реакции сдвигающей силы P ;
- R_{oc} - реакция основания рамы ;
- R - реакция верхней рамы.

а) Рама 3-го курса б) Рама 2-го курса в) Рама 1-го курса
г) Рама перегородок

ПРИЛОЖЕНИЕ II
(справочное)

П Е Р Е Ч Е Н Ь

основных общесоюзных и ведомственных нормативно-технических документов, используемых при проектировании и строительстве оградительных сооружений из наброски с жестким экраном.

1. СНиП П-51-74 Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования.
2. СНиП П-50-74 Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования.
3. СНиП 2.06-04-82 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
4. СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
5. СНиП 2.02.02-85 Основание гидротехнических сооружений.
6. СНиП 2.02.01-83 Основание зданий и сооружений.
7. СНиП П-56-77 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
8. РД 31.31.27-81 Руководство по проектированию морских причальных сооружений. Минморфлот.
9. ВСН-34/УП-60 Строительство портовых оградительных сооружений из каменной наброски и из наброски тетраподов. Москва, 1961 г.
10. ВСН-34/У-75 Строительство портовых гидротехнических сооружений из обыкновенных массивов. Минтрансстрой.
11. ВСН 6/118-74 Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	1
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ	3
2.1. Габариты и конструкция защитной наброски	3
2.2. Конструкция постели сооружения	7
2.3. Конструкции жесткого экрана	8
2.3.1. Общая характеристика конструкций	8
2.3.2. Экран из бетонных и железобетонных пустотелых массивов, заполненных камнем	9
2.3.3. Экран из железобетонных пустотелых массивов с камерой гашения	12
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ	14
3.1. Состав расчетов	14
3.2. Нагрузки и воздействия	15
3.3. Методы расчета устойчивости сооружения	18
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ	25
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
1. Пример расчета и конструирования оградительного сооруже- ния из наброски с жестким экраном в виде железобетонного пустотелого массива с камерой гашения (рекомендуемое)....	29
2. Перечень основных общесоюзных и ведомственных норматив- но-технических документов, используемых при проектирова- нии и строительстве оградительных сооружений из наброски с жестким экраном (справочное)	65