

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	5
2. КОМПОНОВКА ПОРТА .....	5
3. РАСЧЕТ ВОЛНЕНИЯ НА ОТКРЫТОЙ АКВАТОРИИ .....	7
3.1. Элементы волн в глубоководной зоне .....	8
3.2. Элементы волн в мелководной зоне .....	10
3.3. Элементы волн в прибойной зоне .....	12
4. РАСЧЕТ ВОЛНЕНИЯ НА АКВАТОРИИ ПОРТА .....	13
4.1. Расчет дифракции волн в порту при защищенности акватории порта одиночным молотом .....	13
4.2. Расчет дифракции волн в порту при защищенности акватории порта сходящимися молами .....	14
4.3. Расчет дифракции волн на акватории порта при защищенности волноломом .....	16
5. НАЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ СТЕНКИ .....	16
6. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ВОЛН НА ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОРТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ .....	17
6.1. Нагрузки от стоячих волн на сооружения вертикального профиля .....	18
6.2. Нагрузки от воздействия разбивающихся волн на сооружения вертикального профиля .....	24
6.3. Нагрузки от воздействия прибойных волн на сооружения вертикального профиля .....	25
6.4. Неразмывающие и максимальные донные скорости .....	26
7. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ГРАВИТАЦИОННЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА .....	27
7.1. Расчет устойчивости на сдвиг по подошве сооружения .....	27
7.2. Расчет устойчивости сооружения на сдвиг вместе с постелью .....	28
7.3. Проверка прочности грунтового основания .....	29
7.4. Устойчивость гравитационных оградительных сооружений вертикального типа на опрокидывание .....	30
7.5. Расчет общей устойчивости портовых гидротехнических сооружений совместно с грунтом основания .....	30
7.6. Проверка возможности разрыва дна перед сооружением .....	30
7.7. Указания к детальному проектированию гравитационных оградительных сооружений вертикального типа .....	31
8. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА СВАЙНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА .....	36
8.1. Сооружения в виде парных рядов свай (двухрядные конструкции) .....	36
8.2. Сооружения ячеистой конструкции (из металлического плоского шпунта) .....	39
9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОТКОСНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	41
Библиографический список .....	44
Приложение .....	45

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Проработкой курсового проекта оградительного сооружения ставится цель научить студентов:

а) производить расположение в плане внешних оградительных сооружений с учетом размещения на акватории порта причальной линии (длина причальной линии и число причалов задаются руководителем);

б) построению диаграмм волнового давления;

в) проектированию поперечного профиля волнолома.

2. Задание по курсовому проекту дается каждому студенту индивидуально.

3. Внимание студентов при проектировании должно быть обращено на:

а) правильную компоновку внешних оградительных сооружений и причальной линии порта и выбор наиболее рационального в технико-экономическом отношении варианта компоновки порта; анализ условий; проектирование линии причального фронта; трассировку оградительных сооружений; проектирование входа в порт;

б) выбор наиболее экономичного профиля стенки после рассмотрения 2–3 вариантов конструкций оградительных сооружений; проектирование поперечного сечения оградительного сооружения типа вертикальной стенки на разных глубинах;

в) устройство и подготовку основания стенки, в частности, на вертикальную планировку (проектирование) постели на оси сооружения;

г) основные моменты производства работ;

д) разработку конструкции корневой части мола и его головной части;

е) выбор поперечного профиля откосного сооружения.

Записка по курсовому проекту оградительного сооружения должна содержать:

а) объяснения по компоновке внешних оградительных сооружений порта; определение расчетных элементов волн; расчет волнения на акватории порта;

б) назначение расчетных сечений; расчеты по определению волнового давления для 3 характерных сечений стенки. Одно сечение выбирается у головы сооружения, второе — на глубинах  $1,5h > d_с$  и третье — в области прибойных волн;

в) проверку устойчивости сооружения, определение напряжений в основании и вычисление осадок; детальную проработку конструкции оградительного сооружения с расчетом элементов конструкции;

г) разработку конструкции профиля оградительного сооружения откосного типа; расчет волнового воздействия на сооружение.

Объем записки определяется в 25–30 страниц.

Объем графической части ограничивается одним листом формата А1.

План порта исполняется в масштабе 1:20 000–1:10 000. Чертеж оградительного сооружения исполняется в масштабе 1:200–1:100.

## 2. КОМПОНОВКА ПОРТА

При разработке компоновки порта необходимо в соответствии с количеством причалов и размером судов определить общую длину причальной линии, наметить ее конфигурацию и вычислить площадь акватории, запроектировав плавное расположение оградительных сооружений с учетом местных условий и требований к этим сооружениям.

Компоновка порта разрабатывается в 2–3 вариантах. Принятый вариант наносится на генплан порта в масштабе 1:10 000. Необходимо запроектировать продольный профиль каменной постели с учетом изменения высоты волн вдоль мола и указаний по ее конструированию.

При проектировании волноломов с вертикальной стенкой нужно стремиться к тому, чтобы глубина на берме не оказалась равной в каком-либо сечении  $0,7h$  (с учетом берменных массивов).

При компоновке плана порта, и особенно при выборе планового расположения ограждающих сооружений, размеров и ориентации ворот, необходимо тщательно изучить волновой режим в порту [1–8].

Допустим, волнением на акватории порта считается такое, от которого не возникает больших волновых нагрузок на суда, причалы и берегозащитные сооружения.

Успешное решение компоновки порта определяется, естественно, не только волновым режимом на акватории этого порта. Порт одновременно должен быть достаточно хорошо защищен от заносимости. Вход судов в порт и выход в море должны быть безопасными в любую погоду. Местоположение причалов не должно вызывать необходимости сложного маневрирования как судов на портовой акватории, так и сухопутного транспорта на территории порта [4].

Требования к компоновке порта с точки зрения каждого из этих разнообразных условий не только различны, но иногда и прямо противоположны.

Искусство инженера, выполняющего компоновку порта, в том и заключается, чтобы учесть эти противоположные требования, диктуемые различными условиями, которым должен удовлетворять порт:

1. Выбор места расположения ворот порта следует производить после построения диаграмм рефракции и расчета высот волн, деформированных на мелководье, в предполагаемом районе возведения порта. Ворота желательно расположить при соблюдении всех перечисленных условий в месте наименьших высот волн [3, 8, 9].

Вход в порт располагается таким образом, чтобы обеспечить наиболее безопасный заход судов в порт и максимальную защищенность акватории порта от волнения.

2. В районе ворот порта ограждающие сооружения должны быть расположены таким образом, чтобы отраженные волны уходили от ворот порта, не создавали толчеи в воротах порта.

Если выполнение этого условия представляется затруднительным по каким-либо причинам, необходимо на том же участке, где может иметь место отражение волн в нежелательном направлении, устраивать наброску из массивов, тетраподов и т. п., слабо отражающих волну.

Следует стремиться к тому, чтобы ограждающие сооружения были прямолинейными.

Угол  $\gamma$  между осями головных участков молв должен быть в диапазоне от  $\gamma = 60^\circ$  до  $\gamma = 120^\circ$ , так как дальнейшее увеличение этого угла не приводит к заметному уменьшению высот волн в порту.

3. Выбор месторасположения причалов должен производиться (при фиксированном расположении ограждающих сооружений порта) после рассмотрения дифракции и рефракции волн в порту или, в случае естественной бухты без ограждающих сооружений, после построения диаграммы рефракции. Для правильного решения вопроса о рациональной компоновке причалов необходимо располагать расчетными данными о направлении распространения и высоте волн на защищенной акватории в районе причалов. При расположении причальных сооружений в районах, где имеет место значительное волнение (в районе главного луча дифрагированных волн), требования к расположению и конструкции этих сооружений обусловлены целью не допустить отражения крупных волн и возникновения толчеи на портовой акватории.

4. Причальные сооружения с вертикальной стенкой, отражающей волну, должны располагаться вдоль лучей дифрагированных волн. При таком расположении отсутствует отражение волн от стенок причалов. А суда, стоящие у причалов, испытывают только килевую качку, которая менее вредна для судна (так как судно не ударяет бортом о причал, как при бортовой качке) и меньше мешает перегрузочным операциям на причале, чем бортовая качка.

5. При необходимости расположить причальную линию под углом к лучам дифрагированных волн следует во избежание возникновения толчеи в порту применить такую конструкцию причала, которая не отражает, а гасит волну.

При выполнении изложенных выше требований к расположению и конструкции ограждающих и причальных сооружений порта волновой режим в различных точках акватории будет определяться главным образом основной системой волн, идущих от ворот порта и достаточно ослабленной за счет дифракции в воротах порта.

В общем случае при составлении проекта портовой акватории определяются:

– навигационная глубина, необходимая для безопасного передвижения расчетного судна и производства перегрузочных операций при самых неблагоприятных расчетных условиях, по формуле [9]:

$$H_n = T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_0; \quad (2.1)$$

– проектная глубина по формуле:

$$H_0 = H_n + Z_4, \quad (2.2)$$

где  $T$  — осадка расчетного судна, м;  $Z_1$  — минимальный навигационный запас под килем судна, м;  $Z_2$  — волновой запас, м;  $Z_3$  — скоростной запас, м;  $Z_0$  — запас на крен судна, м;  $Z_4$  — запас на заносимость, м.

При определении глубины воды у причалов скоростной запас не учитывается из-за малой скорости подхода судна к причалу, а волновой запас определяется по допустимой высоте волны, при которой возможно производить перегрузочные операции [7, 10].

Отметка дна у причалов устанавливается исходя из наименьшего навигационного отсчетного уровня (ННУ) и проектной глубины перед причалом ( $H_0$ ):

$$\nabla_{\text{дна}} = \nabla_{\text{ННУ}} - H_0. \quad (2.3)$$

Отметка портовой территории (отметка кордона) назначается по основной норме и контролируется по поверочной норме. Окончательно принимается большее значение [4]:

$$\nabla_{\text{корд}} = \nabla_{\text{ср.уч}} + 2 \text{ м},$$

$$\nabla_{\text{корд}} = \nabla_{\text{max.ур}} + 1 \text{ м}. \quad (2.4)$$

### 3. РАСЧЕТ ВОЛНЕНИЯ НА ОТКРЫТОЙ АКВАТОРИИ

Известно, что характер волнового процесса зависит от глубины водоема. В соответствии с принятой в России схемой при рассмотрении волнового поля [2, 3, 7, 8], различают четыре основных зоны, границы которых указаны на рис. 3.1.

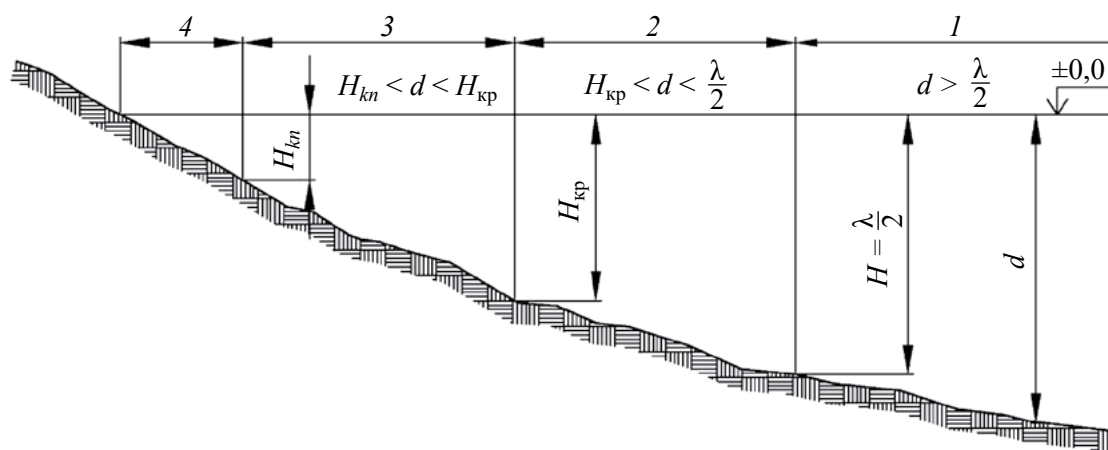


Рис. 3.1. Зоны волнения: 1 — глубоководная; 2 — мелководная; 3 — прибойная; 4 — приурезовая;  $H_{кр}$  — критическая глубина;  $H_{kn}$  — глубина последнего разрушения волны;  $\lambda$  — длина волны

В первой, глубоководной, зоне влияние дна практически не сказывается на характере волнения. Частицы жидкости совершают равномерное движение по окружности с незначительным поступающим перемещением, влиянием которого вследствие его малости пренебрегают.

Во второй, мелководной, зоне происходит непрерывное изменение характера волнового движения. Трехмерные волны преобразуются в двухмерные, круговые движения частиц по-

степенно преобразуются в эллиптические. По мере приближения к третьей зоне уменьшается длина волн и скорость их распространения, профиль волны становится несимметричным. При достижении критической глубины  $d_{кр}$  происходит обрушение волны.

В третьей, прибойной, зоне характер волнения резко меняется, наряду с колебаниями частиц воды происходит ярко выраженное поступательное движение в сторону берега, траектория движения частиц имеет петлеобразный характер.

В четвертой, приурезовой, зоне происходит окончательное разрушение волны.

### 3.1. ЭЛЕМЕНТЫ ВОЛН В ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЕ

Средняя высота  $\bar{h}_d$ , м, и средний период волн  $\bar{T}$ , с, в глубоководной зоне должны определяться по расчетной скорости ветра  $V_m$  по верхней огибающей кривой рис. 3.2. По значениям безразмерных параметров  $gt/V_w$ ,  $gL/V_w^2$  и верхней огибающей кривой следует определять значения  $g\bar{h}_d/V_w^2$  и  $g\bar{T}/V_w$  и по меньшему из них принять среднюю высоту и средний период волн.

Значения расчетной скорости ветра  $V_m$ , длины предельного разгона волны  $L$ , продолжительности разгона  $t$  содержатся в задании к курсовому проекту.

Среднюю длину волн  $\bar{\lambda}_d$ , м, при известном значении  $\bar{T}$  следует определять по формуле:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi}. \quad (3.1)$$

Высоту волны  $i\%$ -ной обеспеченности в системе  $h_{di}$ , м, следует определять умножением средней высоты волн на коэффициент  $k_i$ , принимаемый по графикам рис. 3.3 для безразмерной величины  $gL/V_w^2$ :

$$h_{i\%} = \bar{h}_d k_{i\%}. \quad (3.2)$$

Превышение вершины волны над расчетным уровнем  $\eta_c$ , м, определяется по безразмерному параметру  $\eta_c/h_i$  (рис. 3.4) для данного значения  $h_i/g\bar{T}^2$  при  $d/\bar{\lambda}_d = 0,5$ .

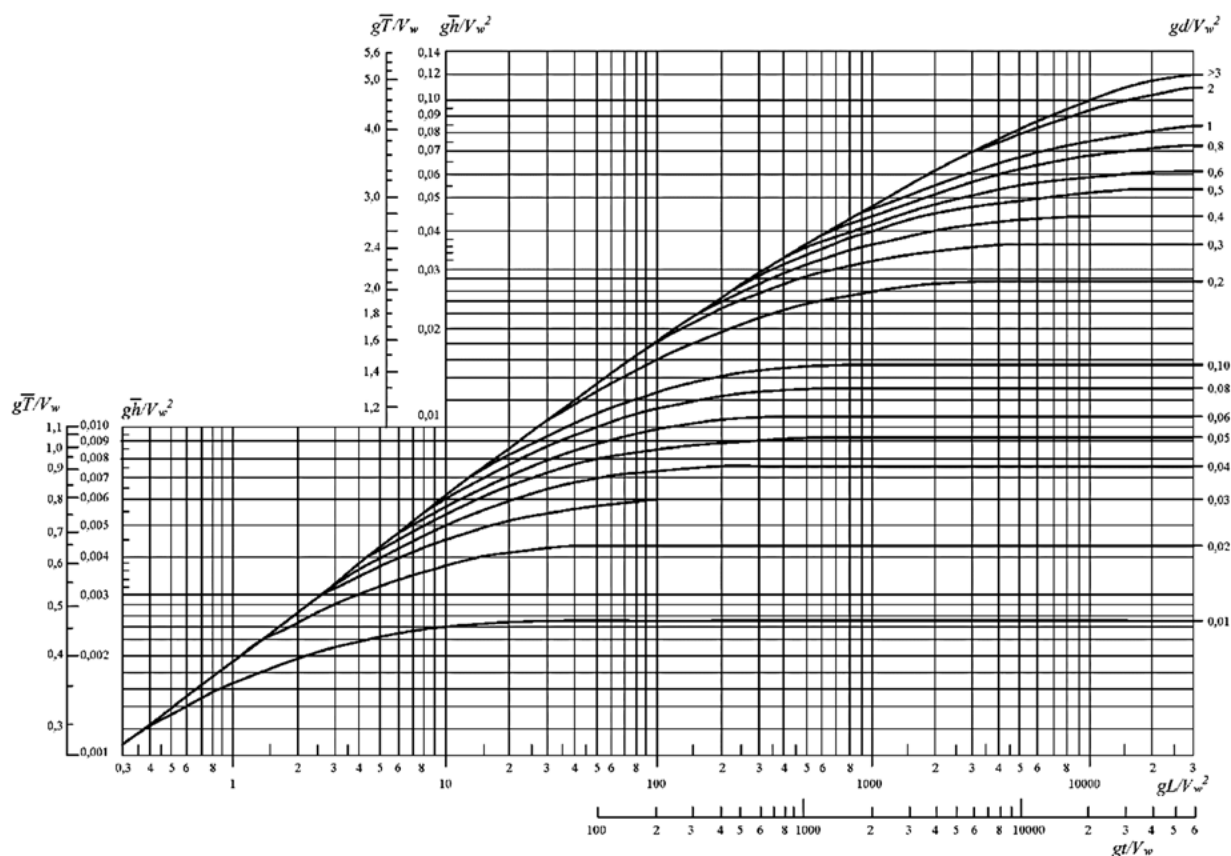


Рис. 3.2. Графики для определения элементов ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах

$$k_i = h_i / \bar{h}$$

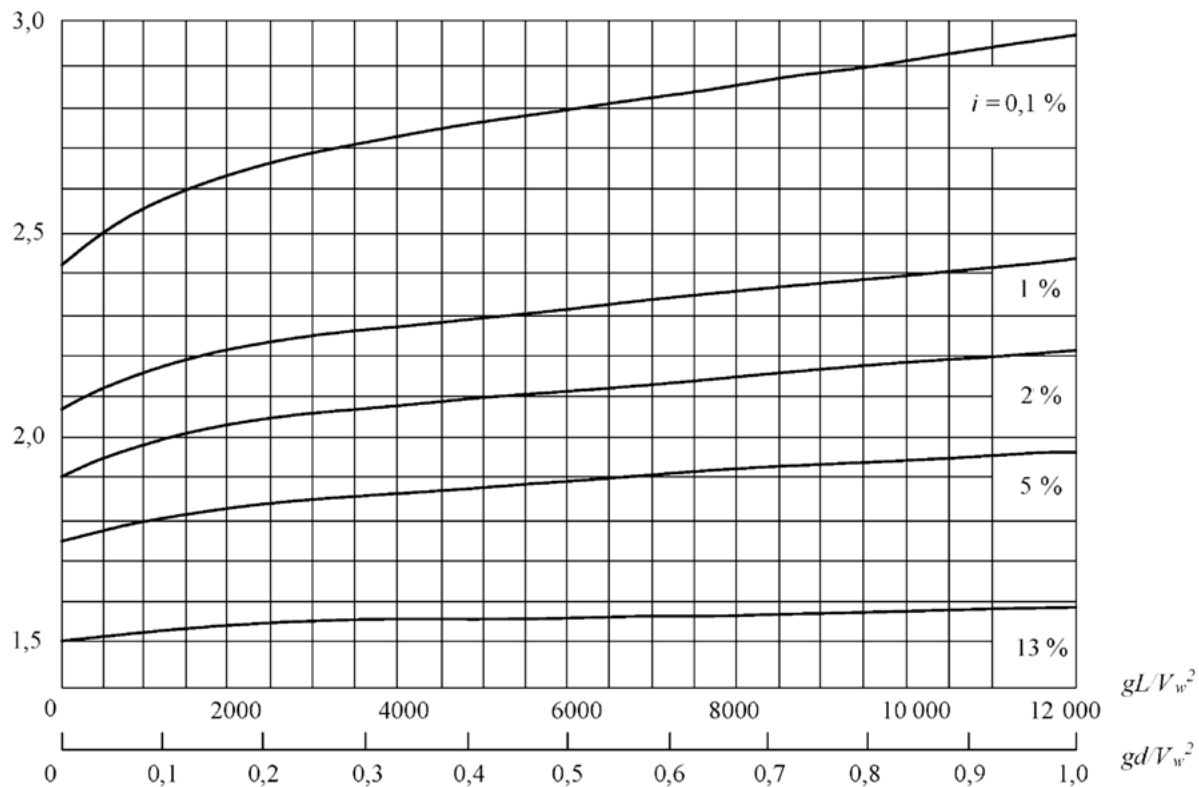


Рис. 3.3. Графики значений коэффициента  $k_i$

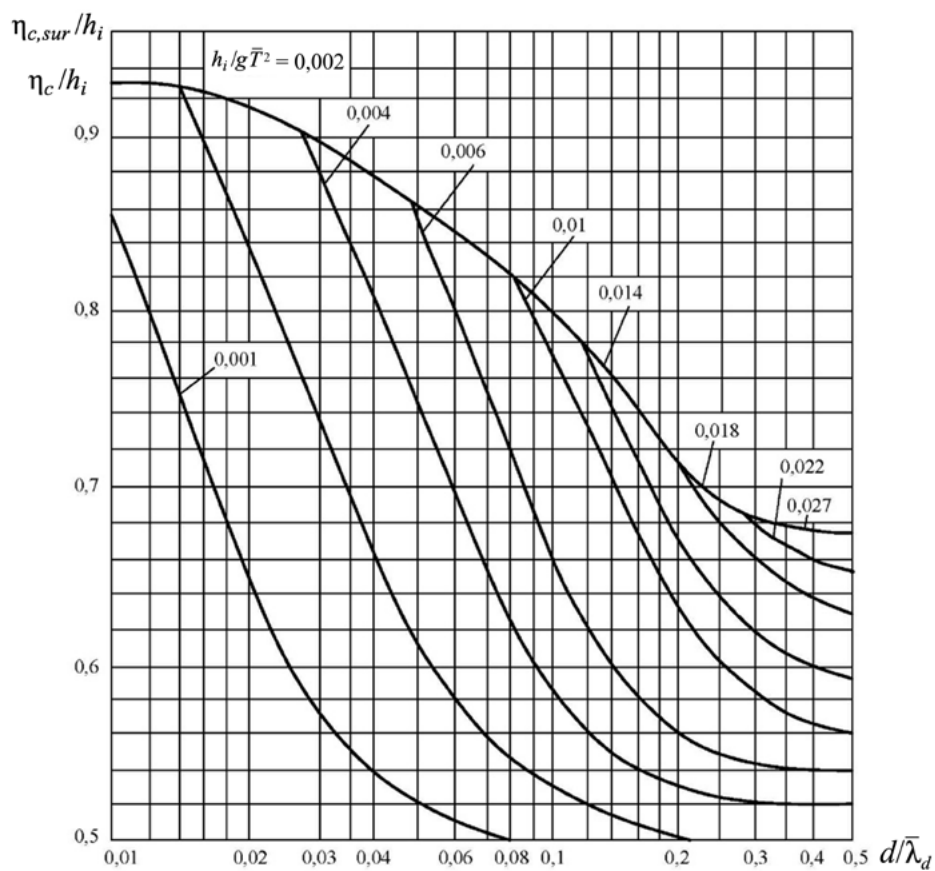


Рис. 3.4. Графики для определения значений  $\eta_c/h_i$  в мелководной и  $\eta_{c, sur}/h_i$  в прибойной зонах

### 3.2. ЭЛЕМЕНТЫ ВОЛН В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ

Высоту волн  $i\%$ -ной обеспеченности  $h_i$ , м, в мелководной зоне с уклонами дна 0,002 и более следует определять по формуле:

$$h_i = k_t k_r k_l k_i \bar{h}_d, \quad (3.3)$$

где  $k_t$  — коэффициент трансформации;  $k_r$  — коэффициент рефракции;  $k_l$  — обобщенный коэффициент потерь;  $k_i$  — коэффициент обеспеченности волн в системе.

Определение коэффициентов  $k_t$ ,  $k_r$  и  $k_l$  представлено ниже.

Длина волн, перемещающихся из глубоководной зоны в мелководную, определяется по рис. 3.5 при заданных значениях безразмерных параметров  $d/\bar{\lambda}_d$  и  $h_{1\%}/g\bar{T}^2$ . Период волн принимается равным периоду волн в глубоководной зоне.

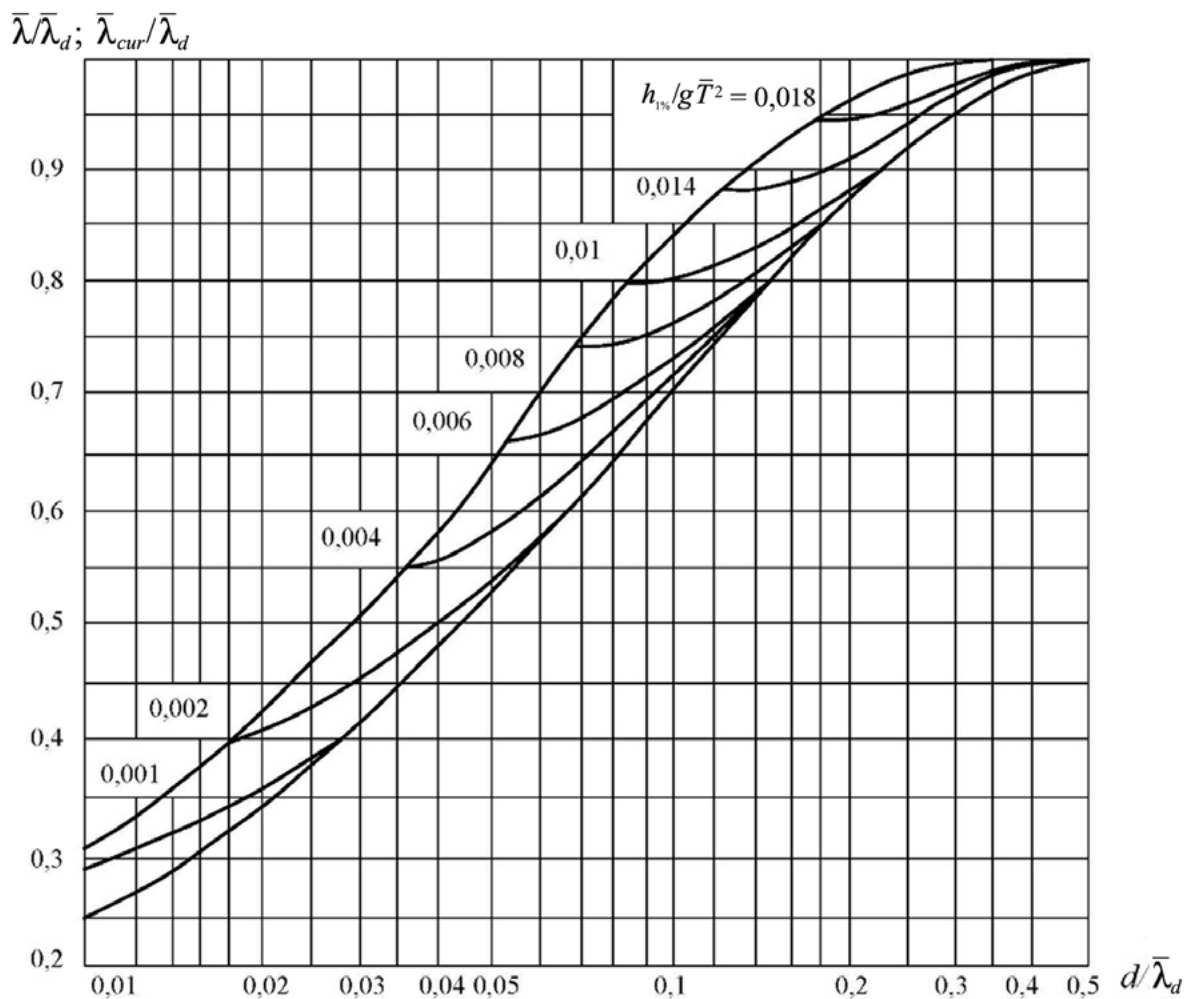


Рис. 3.5. Графики для определения значений  $\bar{\lambda}/\bar{\lambda}_d$  в мелководной и  $\bar{\lambda}_{sur}/\bar{\lambda}_d$  в прибойной зонах

Превышение вершины волны над расчетным уровнем  $\eta_c$ , м, следует определять по рис. 3.4 для данных безразмерных величин  $d/\bar{\lambda}_d$  и  $h_{1\%}/g\bar{T}^2$ .

Коэффициент трансформации следует принимать по графику 1 рис. 3.6.

Коэффициент рефракции должен определяться по формуле:

$$k_r = \sqrt{\frac{a_d}{a}}, \quad (3.4)$$

где  $a_d$  — расстояние между смежными волновыми лучами в глубоководной зоне, м;  $a$  — расстояние между теми же лучами по линии, проходящей через заданную точку мелководной зоны, м.

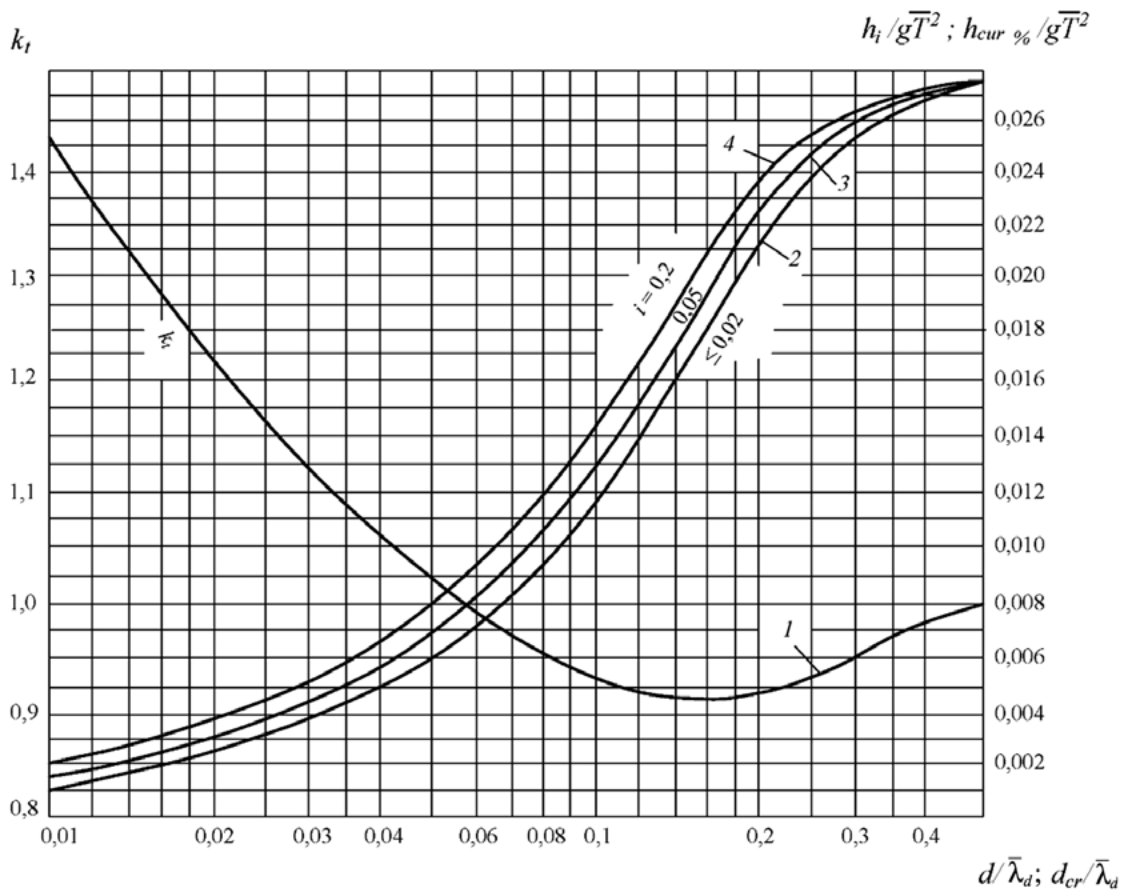


Рис. 3.6. Графики для определения значений: коэффициента  $k_t$  (1) и параметра  $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$  (2, 3 и 4)

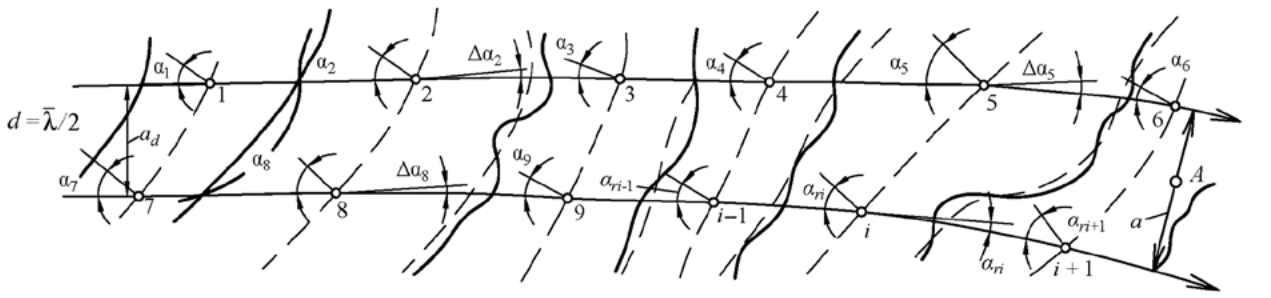
Таблица 3.1

**Определение обобщенного коэффициента потерь  $k_t$**

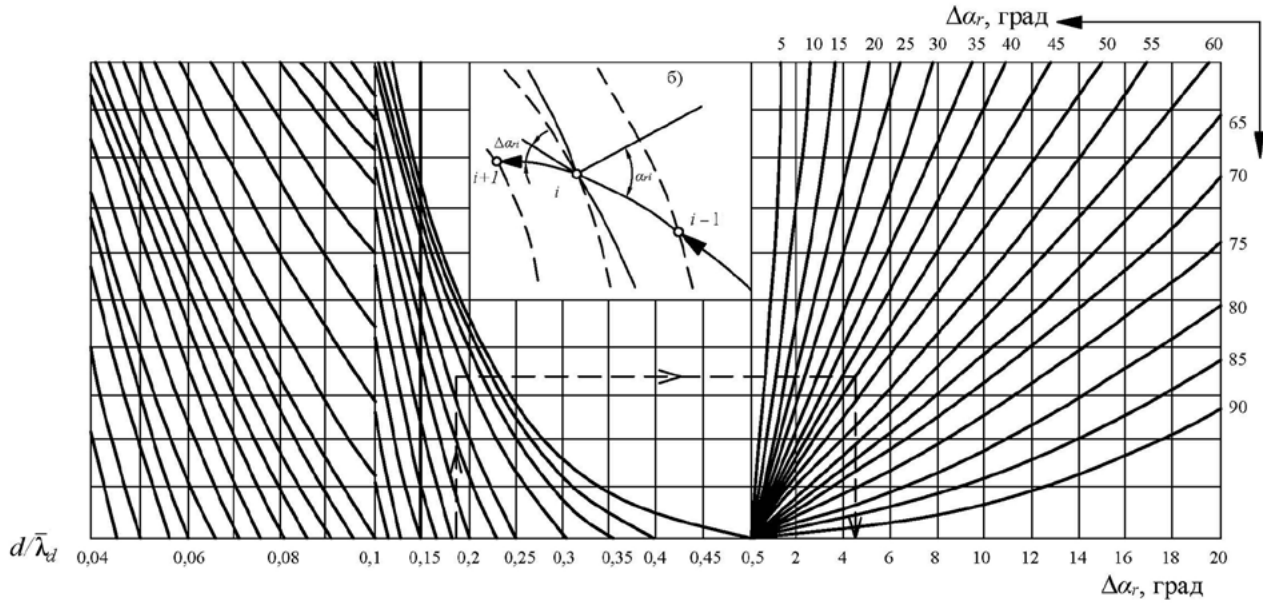
Относительная глубина	Значение коэффициента $k_t$ при уклонах дна $i$	
	0,025	0,02...0,002
0,01	0,82	0,66
0,02	0,85	0,72
0,03	0,87	0,76
0,04	0,89	0,78
0,06	0,9	0,81
0,08	0,92	0,84
0,1	0,93	0,86
0,2	0,96	0,92
0,3	0,98	0,95
0,4	0,99	0,98
0,5 и более	1	1

Лучи волн на плане рефракции в глубоководной зоне необходимо принимать по заданному направлению распространения волн, а в мелководной зоне их следует продолжать в соответствии со схемой *a* и графиками *б* рис. 3.7 согласно штриховой линии со стрелками.





a



б

Рис. 3.7. Схема (а) и графики (б) для построения плана рефракции

Обобщенный коэффициент потерь  $k_l$  должен определяться по заданным значениям параметра  $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$  и уклону дна  $i$  (табл. 3.1); при уклонах дна 0,03 и более следует принимать значение обобщенного коэффициента потерь равным единице.

Среднюю высоту и средний период волн в мелководной зоне с уклонами дна 0,001 и менее необходимо определять по графикам рис. 3.2. По безразмерным параметрам  $gL/V_w^2$  и  $gd/V_w^2$  принимаются значения  $gL/V_w^2$  и  $g\bar{T}/V_w$ , и по ним определяются  $\bar{h}$  и  $\bar{T}$ .

Высоту волны  $i\%$ -ной обеспеченности в системе следует определять умножением средней высоты волн на коэффициент  $k_i$ , принимаемый по графикам рис. 3.3. По безразмерным параметрам  $gL/V_w^2$  и  $gd/V_w^2$  и определяются значения коэффициента  $k_i$ , из которых принимается наименьший. Среднюю длину волн при известном значении среднего периода следует определять в соответствии с табл. 3.1.

Превышение вершины волны над расчетным уровнем должно определяться по рис. 3.4.

### 3.3. ЭЛЕМЕНТЫ ВОЛН В ПРИБОЙНОЙ ЗОНЕ

Высоту волн в прибойной зоне  $h_{sur1\%}$ , м, следует определять для заданных уклонов дна  $i$  по графикам 2, 3 и 4 рис. 3.6: по безразмерной величине  $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$  находится значение  $h_{sur1\%}/g\bar{T}^2$  и по нему определяется  $h_{sur1\%}$ .

Длину волны в прибойной зоне  $\lambda_{sur}$ , м, следует определять по верхней огибающей кривой рис. 3.5, превышение вершины волны над расчетным уровнем  $\eta_{c,sur}$  — по верхней огибающей кривой рис. 3.4.

Критическая глубина  $d_{cr}$ , м, при первом обрушении волн должна определяться для заданных уклонов дна  $i$  по графикам 2, 3 и 4 рис. 3.6 методом последовательных приближений. По ряду задаваемых значений глубин  $d$  в соответствии с (3.3) определяются величины  $h_i / gT^2$ , и по графикам 2, 3 и 4 рис. 3.6 — соответствующие им значения  $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ , из которых принимается  $d_{cr}$ , численно совпадающее с одной из задаваемых глубин  $d$ .

Критическую глубину, соответствующую последнему обрушению волн  $d_{cr,u}$  при постоянном уклоне дна, следует определять по формуле:

$$d_{cr,u} = k_u^{n-1} d_{cr}, \quad (3.5)$$

где  $k_u$  — коэффициент, принимаемый по табл. 3.2;  $n$  — число обрушений (включая первое), принимаемое из ряда  $n = 2, 3$  и 4 при выполнении неравенств:

$$k_u^{n-2} \geq 0,43 \text{ и } k_u^{n-1} < 0,43. \quad (3.6)$$

При определении глубины последнего обрушения  $d_{cr,u}$  коэффициент  $k_u$  или произведение коэффициентов не должны приниматься менее 0,35.

При уклонах дна более 0,05 следует принимать значение критической глубины:

$$d_{cr} = d_{cr,u}. \quad (3.7)$$

*Примечание.* При переменных уклонах дна допускается принимать  $d_{cr,u}$  по результатам последовательного определения критических глубин для участков дна с постоянными уклонами.

Таблица 3.2

Определение коэффициента  $k_u$

Уклон дна $i$	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Коэффициент $k_u$	0,75	0,63	0,56	0,5	0,45	0,42	0,4	0,37	0,35

## 4. РАСЧЕТ ВОЛНЕНИЯ НА АКВАТОРИИ ПОРТА

### 4.1. РАСЧЕТ ДИФРАКЦИИ ВОЛН В ПОРТУ

#### ПРИ ЗАЩИЩЕННОСТИ АКВАТОРИИ ПОРТА ОДИНОЧНЫМ МОЛОМ

При ограждении порта одиночным молом волна проникает в порт, огибая голову мола, и при определении интенсивности волнения на акватории порта необходимо рассматривать задачу дифракции волн одиночным молом.

В соответствии с рекомендациями [3] высоту дифрагированной волны  $h_{dif}$ , м, на огражденной акватории необходимо определять по формуле:

$$h_{dif} = k_{dif} h_i, \quad (4.1)$$

где  $k_{dif}$  — коэффициент дифракции волн;  $h_i$  — высота исходной волны 5%-ной обеспеченности.

Коэффициент дифракции волн  $k_{dif,s}$  для акватории, огражденной одиночным молом, следует принимать в соответствии со схемой и графиками рис. 4.1 согласно штриховой линии со стрелками;

—  $\beta$ , град — угол между границей волновой тени (ГВТ) и линией, соединяющей голову мола с расчетной точкой;

—  $r / \bar{\lambda}$  — относительное расстояние от головы мола до расчетной точки, где  $r$  — расстояние от головы мола до рассматриваемой точки, м;  $\bar{\lambda}$  — длина волны, м;

—  $\varphi$ , град — угол между границей волновой тени и линией мола, проходящей по внутренней грани ограждающего сооружения.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)