

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

Р У К О В О Д С Т В О  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОТОРОЧЕК ПЕРЕД СУЩЕСТВУЮЩИМИ  
СООРУЖЕНИЯМИ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА

РД 31.31.12-83

г. Ленинград

**РАЗРАБОТАН** Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ) - Ленинградским филиалом "ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ"

В.А.ФИРСОВ - главный инженер

Ф.А.МАРТЬЯНЕНКО - руководитель разработки, канд.техн.наук

Г.Н.ГРИШАЧЕВА - ответственный исполнитель

Е.В.ЧЕКАНОВА - исполнитель по программе расчета для ЭВМ

**УТВЕРЖДЕН** Распоряжением Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта "СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ"  
№ 37 от 30.06-83 года

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ И НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА  
"СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ"

РАСПОРЯЖЕНИЕ

30.06.83 г.

г. Москва

№ 37

Содержание: Утверждение и введение в действие Руководство по  
проектированию оторочек перед существующими соору-  
жениями гравитационного типа.

Ленморниипроектом разработано "Руководство по проектирова-  
нию оторочек перед существующими сооружениями гравитационного  
типа", одобренное инженерной секцией НТС Союзморниипроекта  
(протокол от 29 июня 1983 г. №40).

На основании приведенного выше

ПРЕДЛАГАЮ:

1. Утвердить и ввести в действие сроком с 1.03.84 г. по  
28.02.89 г. РД ЗI.ЗI. 12-83. "Руководство по проектирова-  
нию оторочек перед существующими сооружениями гравитационно-  
го типа".
2. Главному инженеру Ленморниипроекта т. Фирсову В.А. обеспечить  
подготовку РД к изданию с учетом высказанных замечаний.
3. Главным инженерам филиалов т.т. Фирсову В.А., Тарану В.М.,  
и.о. главного инженера т. Багировой Т.Г. и и.о. директора  
т. Колесникова А.Ф. обеспечить внедрение РД во всех проектных  
подразделениях.

Главный инженер

Ю.А.Ильинский

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ОТОРОЧЕК ПЕРЕД СУЩЕСТВУЮЩИМИ  
СООРУЖЕНИЯМИ ГРАВИГАЦИОННОГО  
ТИПА

РД 31.31.12-83

Взамен РД 31.31.12-73

Распоряжением Содеморнипроекта от " 30 " 06 1983 г.  
№ 37 срок введения в действие установлен  
с " 1 " 03 1984 г.

Настоящее руководство устанавливает требования к расчету и конструированию оторочек перед существующими причальными сооружениями гравитационного типа, выполненных в виде заанкеренных бульверков.

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Руководство регламентирует расчет оторочек, выполненных в виде заанкеренных бульверков, перед существующими причальными сооружениями гравитационного типа и используется совместно с ВСН 3-60 и РД 31.31.02-79.  
Минморфлот

В руководстве применена Международная система единиц СИ.

1.2. Оторочки перед существующими сооружениями гравитационного типа могут применяться для причалов, располагаемых в районах с грунтами, проницаемыми для свай.

1.3. Расчетные рекомендации настоящего руководства применяются для тех существующих причальных сооружений гравитационного типа, техническое состояние которых может быть признано удовлетворительным.

При этом имеется в виду та часть гравитационного сооружения, которая учитывается в расчете нового причального сооружения.

1.4. Расчетные рекомендации настоящего руководства распространяются на оторочки с любой жесткостью ее элементов (рис. 1).

1.5. В случаях, когда в основании оторочки располагаются слабые грунты ( $J_L \geq 0,75$ ,  $E_o < 5$  МПа), следует, кроме расчета прочности (устойчивости) по настоящему руководству, произвести расчет по деформациям в соответствии с требованиями РТМ 31.3012-77.

## 2. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

### 2.1. Общие указания

2.1.1. Оторочку следует рассчитывать по методу предельных состояний в соответствии с требованиями СНиП II-51-74.

Номенклатуру нагрузок и их сочетания, величины нагрузок и характеристики грунтов следует принимать в соответствии с требованиями ВСН 3-80, а также согласно п.2.2 настоящего руководства.

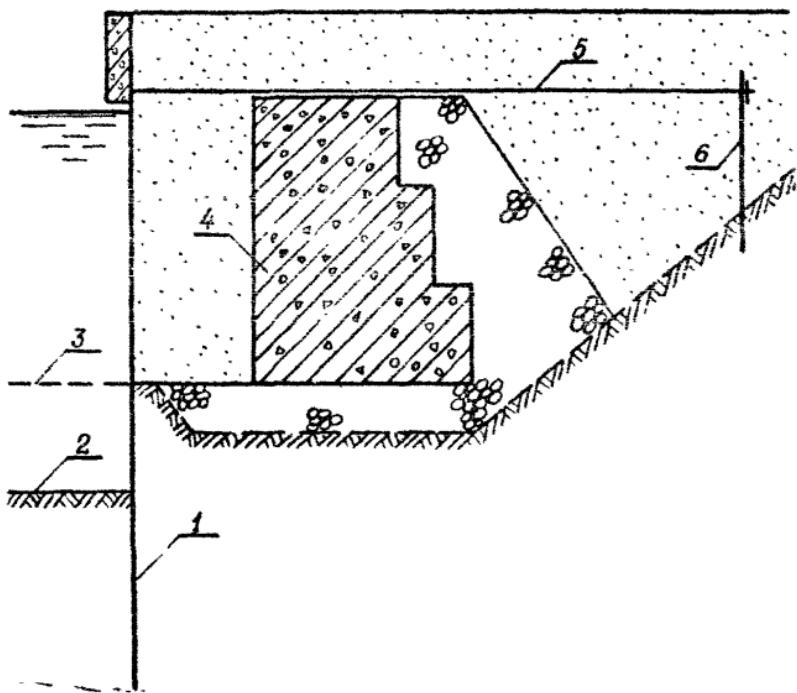
В руководстве принята структура формул, дающая нормативные значения усилий, используемые для расчета сооружения и его элементов по второй группе предельных состояний.

Расчетные значения усилий для расчета по первой группе предельных состояний определяются в соответствии с требованиями ВСН 3-80.

Кинморфот

2.1.2. При определении нагрузок и их сочетаний для расчета сооружения необходимо учитывать следующие положения:

нагрузки от судов со стороны акватории (навал при подходе судна и навал приварованного судна) в основную расчетную схему-



*Рис. 1. Отпорочка перед существующим гравитационным сооружением:*

*1 - отпорочка; 2 - проективное дно; 3 - существующее дно; 4 - гравитационное сооружение; 5 - анкер; 6 - анкерная стена*

му сооружения не вводятся, а учитываются в расчете прочности надстройки, ее связей с элементами оторочки, отбойных устройств и их креплений, а также при расчете дополнительных усилий в элементах оторочки от навала судна (к усилиям, определяемым по основной расчетной схеме оторочки), который проводится в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79;

нагрузки, вызванные волнением, и фильтрационное давление суммируются с нагрузками, действующими на оторочку.

**2.1.3. Расчетную схему оторочки перед существующим гравитационным сооружением следует принимать в зависимости от расположения подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой (рис. 2а,б,в).**

Расчет оторочки следует проводить с учетом экранирующего влияния существующего гравитационного сооружения.

Оторочку следует рассчитывать с учетом перемещения ее на уровне крепления анкера, жесткости элементов и упругих свойств грунта основания и засыпки.

**2.1.4. Расчет необходимо выполнять в следующей последовательности:**

установление компоновочной схемы сооружения;

определение исходных расчетных параметров;

определение нагрузок, действующих на существующее гравитационное сооружение в новых условиях его функционирования;

определение реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения;

определение реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения, вызванного наклоном сооружения вперед и навалом его на грунт засыпки за оторочкой;

определение сил трения по подошве гравитационного сооружения;

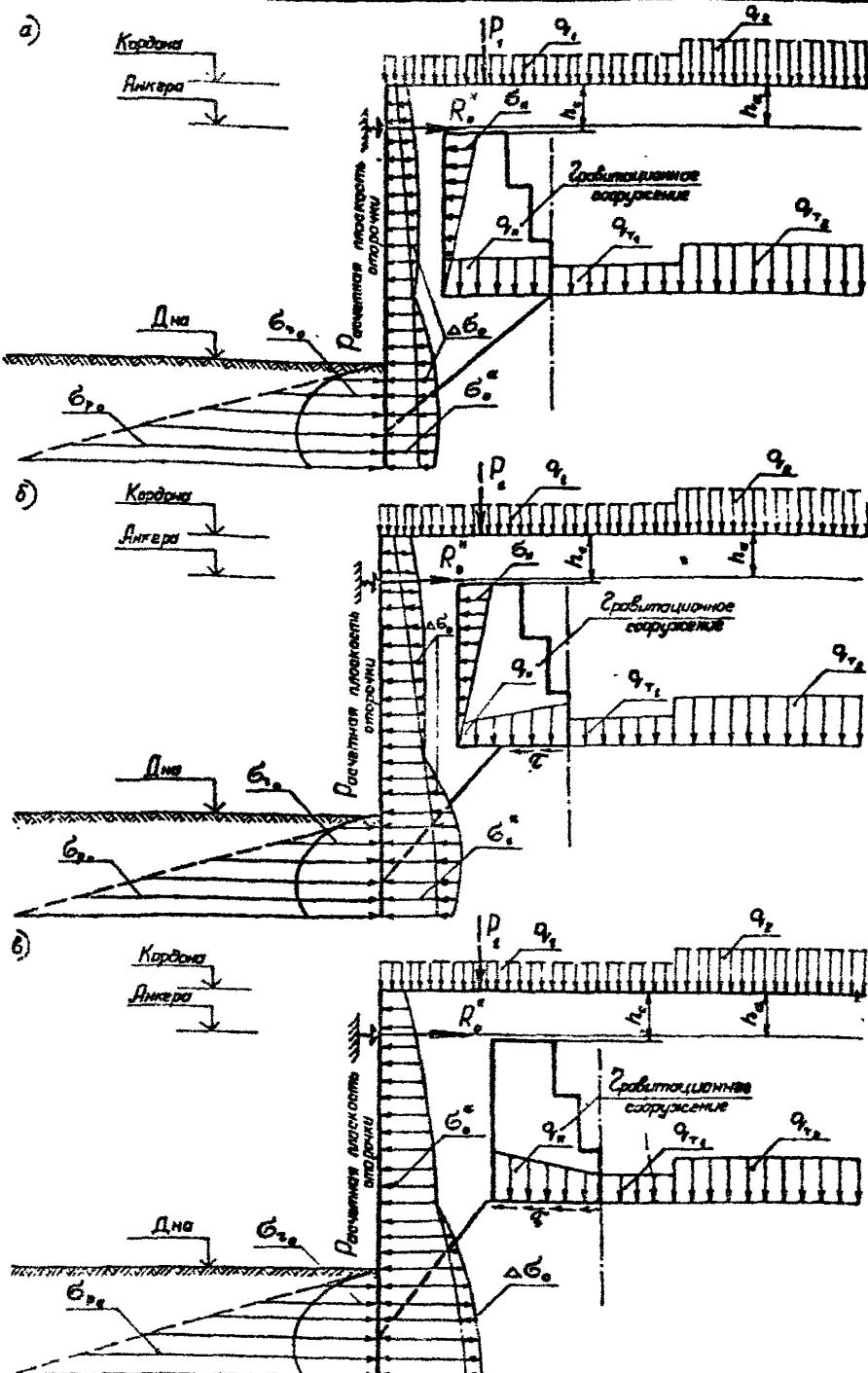


Рис 2. Расчетные схемы опорочки перед существующим гравитационным сооружением  
 а-подошва гравитационного сооружения полностью попадает в призму обрушения  
 б-подошва гравитационного сооружения частично попадает в призму обрушения,  
 в-подошва гравитационного сооружения выходит за пределы призмы обрушения

определение нагрузок, действующих на оторочку;  
 определение перемещения оторочки на уровне крепления анкера;  
 расчет оторочки, корректировка расчетов в случае необходимости;  
 дополнительный расчет оторочки на нагрузки от судов, действующих на сооружения со стороны акватории;  
 расчет анкерных устройств;  
 расчет конструктивных элементов оторочки.

**2.1.5.** В процессе компоновки в зависимости от задания на проектирование и схемы существующего гравитационного сооружения определяют отметку проектного дна у причала, отметки кордона и уровня расположения анкеров, глубину погружения элементов оторочки, расстояние от оси оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения, тип и сечение элементов оторочки, тип анкерных опор.

При компоновке оторочки следует выполнять требования раздела 3 настоящего руководства.

Оптимальное соотношение перечисленных факторов достигается при рассмотрении и расчете нескольких вариантов компоновки оторочки перед существующим гравитационным сооружением.

**2.1.6.** Минимально допустимая глубина погружения элементов оторочки  $t_{min}$  определяется на основании расчета устойчивости сооружения в целом по глубинному сдвигу в соответствии с требованиями ВСН 3-80.  
 Кинморфлот

**ПРИМЕЧАНИЕ.** В первом приближении, если нет дополнительных требований по конструированию, глубина погружения элементов оторочки  $t_o$  принимается равной  $t_{min}$ .

**2.1.7.** В расчете используются следующие исходные расчетные параметры:

интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки

на причале в пределах расстояния от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения;

интенсивность и схема расположения равномерно распределенных вертикальных нагрузок за расчетной плоскостью гравитационного сооружения, включая нагрузку от грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения;

условный пролет оторочки и расположение подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой.

2.1.8. Расчетная плоскость оторочки из плоских элементов принимается по их тыловой грани, из металлического щунта - по оси стекки, из свай-оболочек - на расстоянии 0,25 диаметра от оси оболочки в сторону засыпки.

За расчетную плоскость гравитационного сооружения принимается условная вертикаль, проходящая через крайнюю точку тыловой грани гравитационного сооружения или его тыловую грань.

2.1.9. Интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки на причале  $q_o$  в пределах расстояния от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения определяется как осредненное значение всех временных нагрузок, расположенных в этих пределах, по формуле

$$q_o = \frac{\sum (q_i B_i + P_i)}{Z} , \quad (I)$$

где  $q_i$  - интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки, Па, расположенной в пределах  $Z$ ;

$B_i$  - полоса нагрузки, м, интенсивность  $q_i$ ;

$P_i$  - временные сосредоточенные нагрузки, Н/м, расположенные в пределах  $Z$ ;

$Z$  - расстояние от расчетной плоскости оторочки до ли-

цевой грани гравитационного сооружения, м.

2.1.10. Ширина полосы загружения равномерно распределенными вертикальными нагрузками, расположеннымими за расчетной плоскостью гравитационного сооружения,  $B_i$ , и расстояние от их границ до расчетной плоскости  $A_i$  устанавливается в соответствии со схемой рис. 3.

Интенсивность нагрузки от грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения определяется по формуле

$$q_{ip} = \gamma_3 g h_c , \quad (2)$$

где  $\gamma_3$  - плотность грунта засыпки, т/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение силы тяжести, принимаемое равным 9,81 м/сек<sup>2</sup>;

$h_c$  - расстояние от отметки кордона до верха гравитационного сооружения, м.

Ширина полосы загружения нагрузкой интенсивностью  $q_{ip}$  принимается, как правило, равной бесконечности ( $B_{ip} = \infty$ )

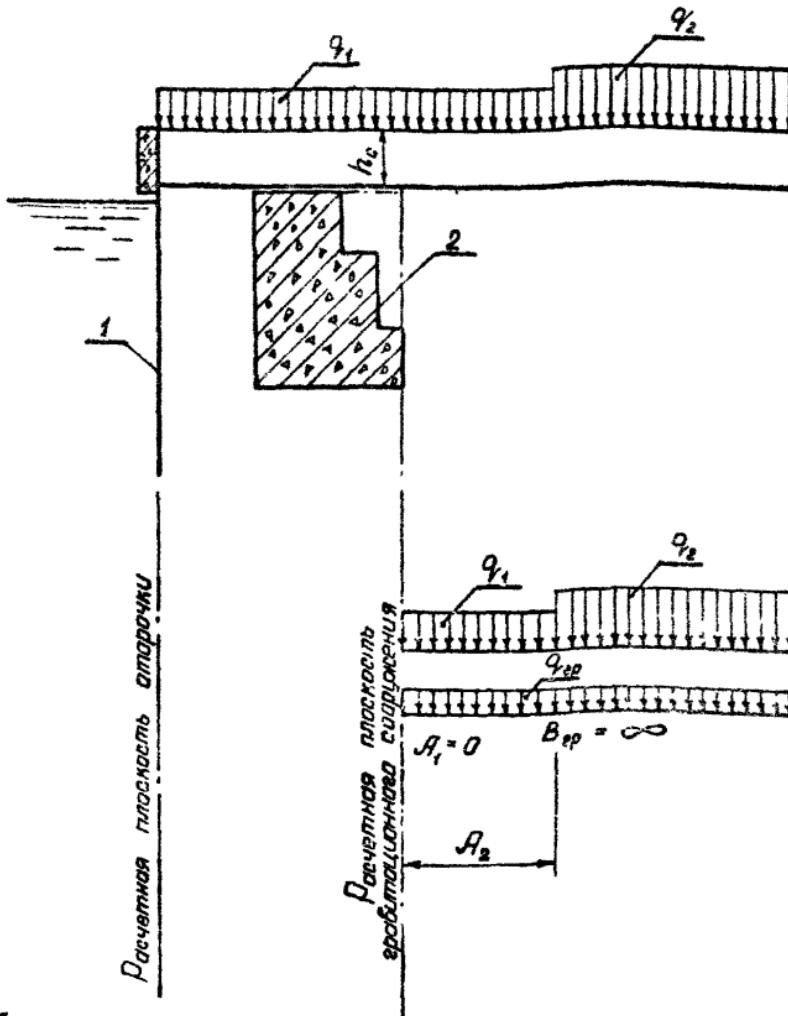
2.1.11. Условный пролет оторочки в первом приближении рекомендуется определять по формуле

$$\ell_o = H_o + 0,67 t_o , \quad (3)$$

где  $H_o$  - расстояние от уровня крепления анкера до проектного дна, м;

$t_o$  - глубина погружения элементов оторочки, м, (п.2.1.6).

Для определения положения подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой из точки 0, расположенной на расчетной плоскости оторочки на расстоянии  $\ell_o$  от уровня крепления анкера, проводится под углом  $\theta$  к горизонту линия скольжения призмы обрушения (рис. 4а,б,в).



$A_i$  - расстояние от нагрузки до расчетной плоскости гравитационного сооружения;  
 $B_i$  - полоса нагрузки данной интенсивности по ширине пристала

Рис 3 Схема расположения вертикальных нагрузок за расчетной плоскостью гравитационного сооружения:  
 1 - оторочка; 2 - гравитационное сооружение

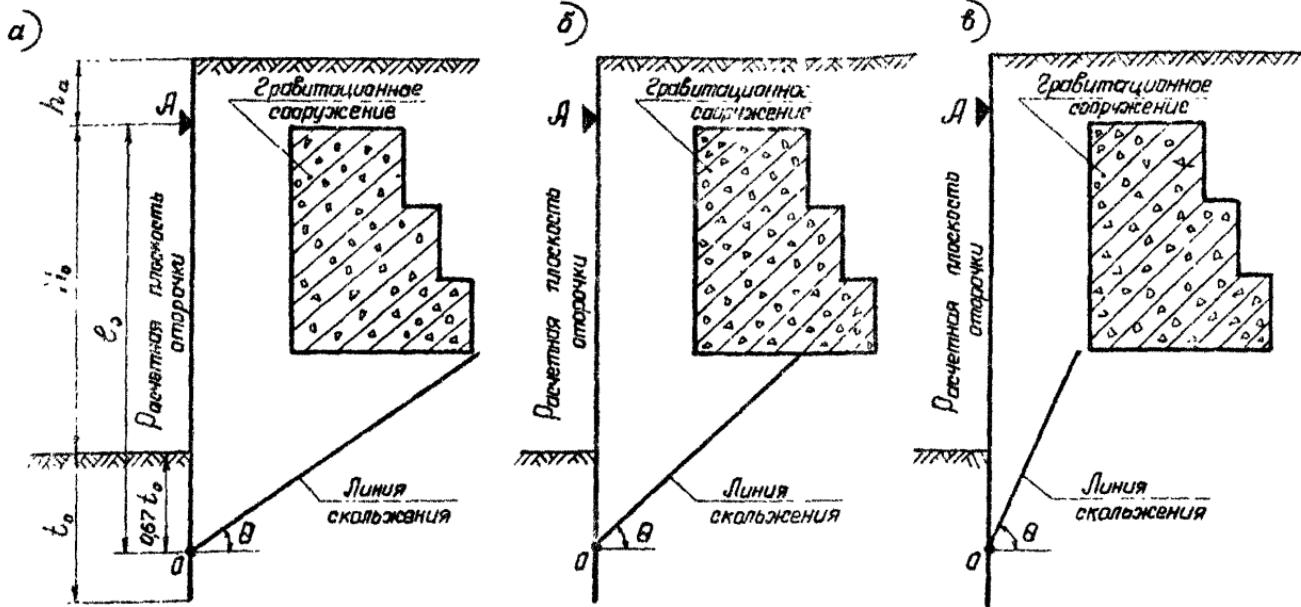


Рис. 4. Расположение подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой:

а - подошва гравитационного сооружения полностью падает в призму обрушения; б - подошва гравитационного сооружения частично падает в призму обрушения; в - подошва гравитационного сооружения выходит за пределы призмы обрушения

$$\theta = 45^\circ + 0,5\varphi, \quad (4)$$

где  $\varphi$  - угол внутреннего трения грунта в слое, расположенным выше точки О, град.

Условный пролет оторочки  $\ell_0$  и расположение подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой уточняются последовательными расчетами по указаниям Приложения 1.

## 2.2. Указания по определению давления грунта

2.2.1. Давление грунта определяется в соответствии с требованиями раздела 2.2 РД 31.31.02-79.

2.2.2. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от треугольной вертикальной нагрузки с максимальной интенсивностью  $q_{max}$  при полосе нагрузки шириной  $B=B_1$ , размещаемой на расстоянии  $A$  от расчетной плоскости стенки, (рис. 5а) определяются по формуле

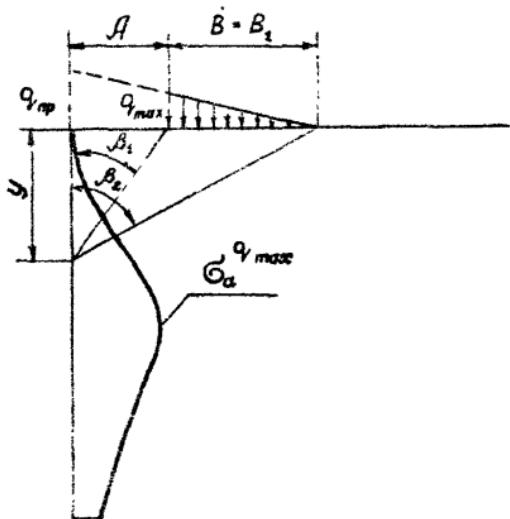
$$\xi_a^{q_{max}} = \frac{2q_{pr} \cdot \lambda a}{\pi} \left\{ \left[ \left( \beta_2 - \frac{\sin^4 \beta_2}{4} \right) - \left( \beta_1 - \frac{\sin^4 \beta_1}{4} \right) \right] - 2 \operatorname{ctg} \beta_2 \left( \sin^4 \beta_2 - \sin^4 \beta_1 \right) \right\}, \quad (5)$$

где  $q_{pr} = q_{max} \frac{A+B_1}{B_1}$  (Н/а); (6)

$$\beta_1 = \arccotg \frac{y}{A} \quad (\text{рад}); \quad (7)$$

$$\beta_2 = \arccotg \frac{y}{A+B_1} \quad (\text{рад}); \quad (8)$$

а)



б)

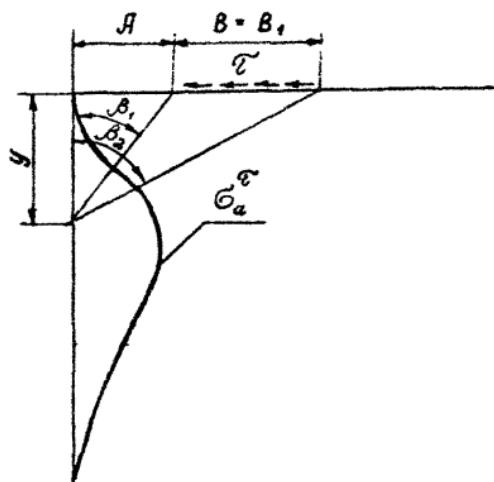


Рис. 5 Давление грунта:

а - от треугольной вертикальной нагрузки,

б - от равномерно распределенной горизонтальной нагрузки

$y$  - текущая координата по высоте стенки, м.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов по формуле (5) следует пользоваться указаниями Приложения 2 (рекомендуемое).

2.2.3. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от равномерно распределенной горизонтальной нагрузки  $T$  при полосе нагрузки  $B = B_1$ , размещаемой на расстоянии  $A$  от расчетной плоскости стенки, (рис. 5б) определяются по формуле

$$\begin{aligned} \Sigma_a^T = & \frac{2T}{3\pi} \left[ (\sin^4 \beta_1 + 2 \sin^2 \beta_1 + 4 \ell_n \cos \beta_1) - \right. \\ & \left. - (\sin^4 \beta_2 + 2 \sin^2 \beta_2 + 4 \ell_n \cos \beta_2) \right], \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{где } \beta_1 = \operatorname{arccotg} \frac{y}{A} \quad (\text{рад}); \quad (10)$$

$$\beta_2 = \operatorname{arccotg} \frac{y}{A + B_1} \quad (\text{рад}); \quad (11)$$

$y$  - текущая координата по высоте стенки, м.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов по формуле (9) следует пользоваться указаниями Приложения 2.

### 2.3. Указания по определению нагрузок на существующее гравитационное сооружение

2.3.1. На существующее гравитационное сооружение действуют следующие нагрузки:

собственный вес гравитационного сооружения;

нагрузки, расположенные над гравитационным сооружением, включая нагрузку от грунта засыпки над гравитационным сооружением;

давление грунта на лицевую грань гравитационного сооружения; давление грунта на тыловую грань гравитационного сооружения.

2.3.2. Собственный вес гравитационного сооружения  $G$  определяется в зависимости от его конструкции в соответствии с требованиями ВСН 3-80  
Минмормост

ПРИМЕЧАНИЕ. При определении веса сооружения следует учитывать грунт, располагающийся над наклонными или ломанными участками тыловой грани гравитационного сооружения в пределах его высоты.

2.3.3. Интенсивность равномерно распределенной вертикальной нагрузки над гравитационным сооружением  $q_c$  определяется по формуле

$$q_c = \frac{\sum g h_c B_c + \sum (q_i B_i + P_i)}{B_c} \quad (12)$$

где

$\gamma$

- плотность грунта засыпки,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$g$

- ускорение силы тяжести, принимаемое равным  $9,81 \text{ м}/\text{сек}^2$ ;

$h_c$

- расстояние от отметки кордона до верха гравитационного сооружения,  $\text{м}$ ;

$B_c$

- ширина гравитационного сооружения на уровне его подошвы,  $\text{м}$ ;

$q_i$

- интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки,  $\text{Па}$ , расположенной в пределах  $B_c$ ;

$B_i$

- полоса нагрузки,  $\text{м}$ , интенсивностью  $q_i$ ;

$P_i$

- временные сосредоточенные нагрузки,  $\text{Н}/\text{м}$ , расположенные в пределах  $B_c$ .

2.3.4. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей давления грунта на лицевую грань гравитационного сооружения определяются как силосное давление с учетом равномерно распределенных нагрузок интенсивностью  $q_o$  (п.2.1.9) и  $q_{op}$  (п.2.1.10).

2.3.5. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей давления грунта на тыловую грань гравитационного сооружения (расчетную плоскость гравитационного сооружения) определяются по формуле

$$\zeta_T = \zeta_a^{\varphi} + \zeta_a^q , \quad (13)$$

где  $\zeta_a^{\varphi}$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей активного давления от грунта засыпки, Па;

$\zeta_a^q$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от равномерно распределенных вертикальных нагрузок, расположенных за расчетной плоскостью гравитационного сооружения (включая  $q_{zp}$ ), Па, определяемые с учетом величин  $A_i$  и  $B_i$  (см. рис. 3) в соответствии с требованиями раздела 2.2.

РД 31.31.02-79.

ПРИМЕЧАНИЕ. При наличии каменной призмы за существующим гравитационным сооружением давление грунта на его тыловую грань рекомендуется определять при характеристиках грунта засыпки.

2.3.6. Реактивное давление грунта по подошве гравитационного сооружения определяется в зависимости от расположения подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой (см. рис. 4а, б, в) в соответствии с требованиями пп. 2.3.7-2.3.10 настоящего руководства.

При этом величина максимальной ординаты эпюры реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения должна удовлетворять условию

$$\zeta_{n_{max}} \leq R_{zp} , \quad (14)$$

где  $R_{zp}$  - расчетное давление на грунт основания, Па, определяемое в соответствии с требованиями СНиП II-15-74.

2.3.7. Эпюру реактивного давления грунта в случаях, когда подошва гравитационного сооружения полностью попадает в призму

обрушения (см.рис. 4а), рекомендуется принимать прямоугольной формы с ординатой  $\tilde{G}_n$ .

$$\tilde{G}_n = \frac{N}{B_c} , \quad (15)$$

где  $N$  - равнодействующая вертикальных нагрузок, Н/м, определяемая по п.2.3.8 настоящего руководства;

$B_c$  - ширина гравитационного сооружения на уровне его подошвы, м.

2.3.8. Равнодействующая вертикальных нагрузок определяется по формуле

$$N = G + E_{\delta_r} + E_{\delta_s} + q_f c B_c , \quad (16)$$

где  $G$  - собственный вес гравитационного сооружения, Н/м, приведенный к I м его длины (п.2.3.2);

$E_{\delta_r}$  - вертикальная составляющая давления грунта по тыльной грани гравитационного сооружения, Н/м, определяемая по формуле

$$E_{\delta_r} = E_T \operatorname{tg}(0.667 \varphi_z) , \quad (17)$$

где  $E_T$  - горизонтальная составляющая давления грунта на тыльную грани гравитационного сооружения, Н/м, ординаты эпоры которой определяются по п.2.3.5 настоящего руководства;

$\varphi_z$  - угол внутреннего трения грунта засыпки за гравитационным сооружением, град;

$E_{\delta_s}$  - суммарная величина вертикальных сил трения грунта, возникающих по лицевой грани гравитационного сооружения, Н/м, определяемая по формуле

$$E_{\delta_s} = 0.5 z (q_f c + q_{fp} + \delta_{cp, \delta}^t g H_c - \tilde{G}_{y, H_c}^{cut}) , \quad (18)$$

- где  $\lambda$  - расстояние от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения, м;
- $q_o$  - интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки на причале, Па, (п.2.1.9);
- $q_{sp}$  - интенсивность нагрузки от грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения, Па, (п.2.1.10);
- $\delta_{cp,6}$  - средневзвешенное значение плотности грунта засыпки между стенками под водой в пределах высоты гравитационного сооружения,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;
- $g$  - ускорение силы тяжести, принимаемое равным  $9,81 \text{ м}/\text{сек}^2$ ;
- $H_c$  - высота гравитационного сооружения, м;
- $\sigma_{y=H_c}^{cил}$  - интенсивность вертикального давления грунта в силосе на уровне подошвы гравитационного сооружения, Па, с учетом нагрузок  $q_o$  и  $q_{sp}$ ;
- $q_c$  - интенсивность равномерно распределенной вертикальной нагрузки над гравитационным сооружением, Па, (п.2.3.3);
- $B_c$  - ширина гравитационного сооружения на уровне его подошвы, м.

2.3.9. Эпюру реактивного давления грунта в случаях, когда подошва гравитационного сооружения частично попадает в призму обрушения (см.рис. 4б), рекомендуется принимать в виде трапеции с минимальной ординатой у лицевой грани гравитационного сооружения  $\sigma_{n_A}$ , а максимальной у тыловой  $\sigma_{n_T}$ .

$$\sigma_{n_A} = \sigma_{y=H_c}^{cил}, \quad (19)$$

где  $\sigma_{y=H_c}^{cил}$  - интенсивность вертикального давления грунта в силосе на уровне подошвы гравитационного сооружения, Па, с учетом нагрузок  $q_o$  и  $q_{sp}$ ;

$$\tilde{G}_{n_7} = \frac{2N}{B_c} - \tilde{G}_{n_7}, \quad (20)$$

где  $N$  – равнодействующая вертикальных нагрузок, Н/м, (п.2.3.8);  
 $B_c$  – ширина гравитационного сооружения на уровне его по-  
дошвы, м.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** В случаях, когда максимальная ордината эпюры  
реактивного давления грунта  $\tilde{G}_{n_7}$ , большее  $R_{\varphi}$ ,  
следует принимать ее равной  $R_{\varphi}$ . При этом  
равнодействующая реактивного давления грунта  
должна быть равна величине  $N$ .

2.3.10. Эпюру реактивного давления грунта в случаях, когда  
подошва гравитационного сооружения полностью выходит за пределы  
призмы обрушения (см.рис. 4в), рекомендуется принимать в виде  
трапеции с максимальной ординатой у лицевой грани гравитационно-  
го сооружения  $\tilde{G}_{n_7}$ , а минимальной у тыловой  $\tilde{G}_{n_9}$ .

$$\tilde{G}_{n_9(i)} = \frac{N}{F} \pm \frac{\Sigma M}{\omega}, \quad (21)$$

где  $N$  – равнодействующая вертикальных нагрузок, Н/м, (п.2.3.8);  
 $F$  – площадь сечения подошвы гравитационного сооружения,  $m^2$ ,  
приведенная к 1 м длины сооружения;  
 $\Sigma M$  – суммарный момент относительно точки, расположенной в  
центре тяжести подошвы гравитационного сооружения,  
Н·м/м, от вертикальных нагрузок (см.формулу (16)  
п.2.3.8) и горизонтальных нагрузок  $E_{n_7}$  и  $E_{n_9}$ , ординаты  
эпюр которых определяются соответственно по пп.2.3.4  
и 2.3.5 настоящего руководства;  
 $\omega$  – момент сопротивления сечения подошвы гравитационного  
сооружения относительно ее продольной оси,  $m^3$ , приве-  
денный к 1 м длины сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Моменты, действующие по часовой стрелке, принимаются положительными, против - отрицательными.

2.3.11. Эпюру реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения, вызванного его наклоном вперед, рекомендуется принимать треугольной формы с максимальной ординатой на уровне верха гравитационного сооружения (рис. 6).

Максимальная ордината  $\bar{S}_{z_{max}}$  определяется по формуле

$$\bar{S}_{z_{max}} = - \frac{3 \sum M_o}{H_o^2} , \quad (22)$$

где  $\sum M_o$  - суммарный момент относительно точки 0, расположенной в центре тяжести подошвы гравитационного сооружения, Н·м/м, от вертикальных нагрузок (см. формулу (16) п. 2.3.8), горизонтальных нагрузок  $E_\tau$  и  $E_n$ , ординаты эпюры которых определяются соответственно по пп. 2.3.4 и 2.3.5, от равнодействующей реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения  $E_n$ , ординаты эпюры которой определяются в соответствии с требованиями пп. 2.3.6-2.3.10 настоящего руководства (см. рис. 6);

$H_c$  - высота гравитационного сооружения, м.

ПРИМЕЧАНИЕ. Реактивное давление грунта по лицевой грани гравитационного сооружения, вызванное наклоном его вперед, в случаях, когда подошва гравитационного сооружения выходит за пределы призмы обрушения, следует принимать равным нулю.

2.3.12. Интенсивность сил трения по подошве гравитационного сооружения определяется по формуле

$$\bar{\tau}_n = \frac{E_\tau - E_n - 0.5 \bar{S}_{z_{max}} H_c}{B_c} , \quad (23)$$

где  $E_\tau$  - горизонтальная составляющая давления грунта на тыловую грань гравитационного сооружения, Н/м, ординат-

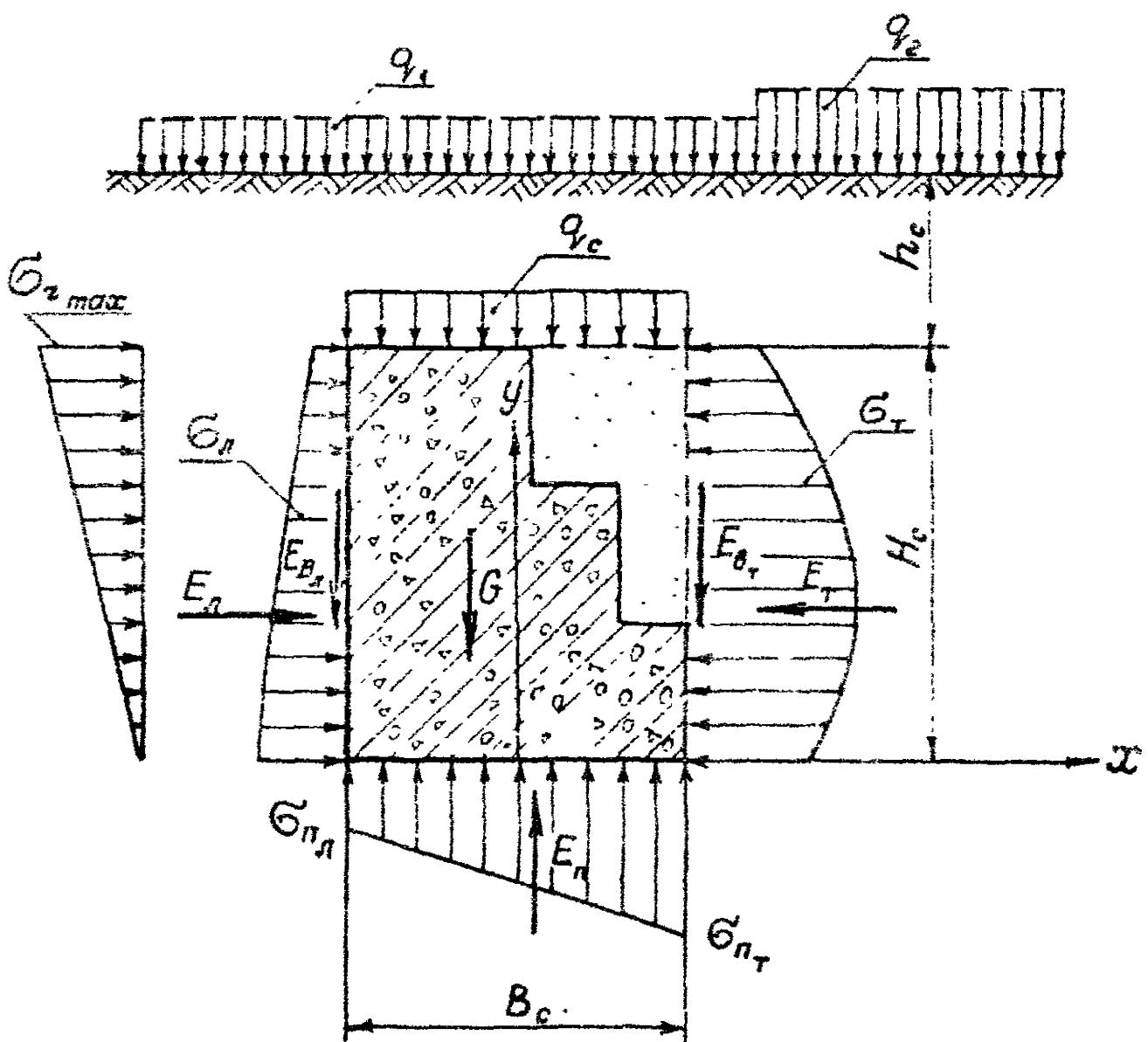


Рис. 6. Схема нагрузок для определения реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения

ты эпюры которой определяются по п.2.3.5 настоящего руководства;

$E_{\eta}$  - горизонтальная составляющая давления грунта на лицевую грани гравитационного сооружения, Н·м, ординаты эпюры которой определяются по п.2.3.4 настоящего руководства;

$G_{z_{max}}$  - максимальная ордината эпюры реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения, Па, (п.2.3.II);

$H_c$  - высота гравитационного сооружения, м;

$B_c$  - ширина гравитационного сооружения на уровне его подошвы, м.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При положительном значении величины  $\tilde{\tau}_n$  силы трения по подошве гравитационного сооружения направлены в сторону территории, при отрицательном - в сторону акватории.

#### 2.4. Указания по расчету сторочки.

2.4.1. Нагрузка на сторочку определяется по формуле

$$G_o = G_o^a + \Delta G_o + G_a^{ko}, \quad (24)$$

где  $G_o^a$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей активного давления грунта на сторочку, Па, определяемые по п.2.4.2 настоящего руководства;

$\Delta G_o$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на сторочку, Па, определяемые по п.2.4.3 настоящего руководства;

$G_a^{ko}$  - кратковременные нагрузки основного или особого сочетания, Па, по п.2.1.1 за исключением нагрузок от навала судна.

2.4.2. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей активного

давления грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^z$  определяются:

на участке выше отметки верха гравитационного сооружения от грунта засыпки и временной равномерно распределенной нагрузки на причале интенсивностью  $q_c$  (п.2.1.9), ширина которой принимается равной бесконечности;

на участке в пределах высоты гравитационного сооружения как силосное давление с учетом равномерно распределенных нагрузок интенсивностью  $q_o$  (п.2.1.9) и  $q_{op}$  (п.2.1.10);

на участке ниже отметки подошвы гравитационного сооружения от грунта засыпки и вертикального давления грунта в силосе на уровне подошвы гравитационного сооружения интенсивность  $\tilde{G}_{y=H_c}^{cul}$  ширина полосы нагрузки интенсивностью  $\tilde{G}_{y=H_c}^{cul}$  принимается равной расстоянию от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения ( $B = \lambda$ ).

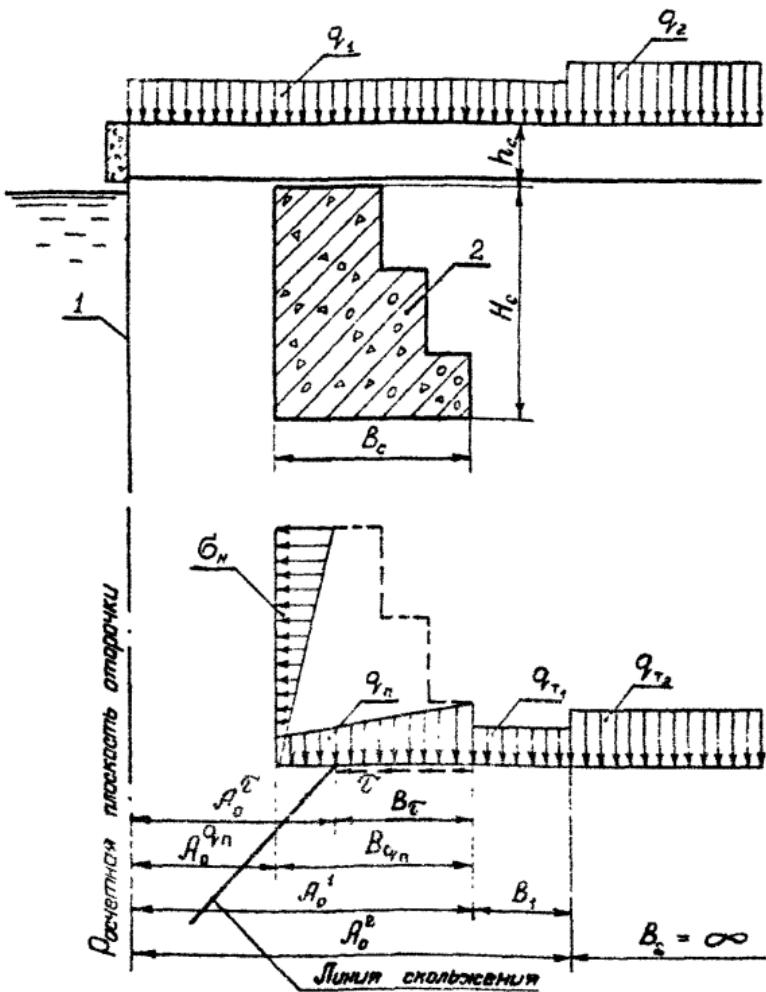
2.4.3. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку  $\Delta \tilde{G}_o$  определяются по формуле

$$\Delta \tilde{G}_o = \tilde{G}_o'' + \tilde{G}_o^{q_n} + \tilde{G}_o^T + \tilde{G}_o^{q_r}, \quad (25)$$

где  $\tilde{G}_o''$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку, Па, от треугольной нагрузки  $\tilde{B}_n$  (рис. 7), определяемые по п. 2.4.4 настоящего руководства;

$\tilde{G}_o^{q_n}, \tilde{G}_o^T$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку, Па, соответственно от вертикальной нагрузки  $q_n$  и горизонтальной  $T$  (см.рис. 7), определяемые по п.2.4.5 настоящего руководства;

$\tilde{G}_o^{q_r}$  - ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку, Па, от временно-



$A_o$  - расстояние от наружки до расчетной плоскости оторочки;  
 $B_i$  - полоса нагрузки данной интенсивности по ширине призмы

Рис. 7. Схема расположения нагрузок относительно расчетной плоскости оторочки:  
 1 - оторочка; 2 - гравитационное тело

мерно распределенных вертикальных нагрузок  $q_{z_i}$  (см. рис. 7), определяемые по п.2.4.6 настоящего руководства.

- ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Давление грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^H$  учитывается на участке оторочки, расположенной выше отметки подошвы гравитационного сооружения.
2. Давление грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^{q_n}, \tilde{G}_o^T, \tilde{G}_o^{q_r}$  учитывается на участке оторочки, расположенной ниже отметки подошвы гравитационного сооружения.

2.4.4. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^H$  определяются:

на участке выше отметки верха гравитационного сооружения ( $0 \leq y \leq h_c$ )

$$\tilde{G}_o^H = \frac{\tilde{G}_{H_{max}} H_c y}{H_n h_c} ; \quad (26)$$

на участке в пределах высоты гравитационного сооружения

( $h_c \leq y \leq H_n$ )

$$\tilde{G}_o^H = \frac{\tilde{G}_{H_{max}} (H_n - y)}{H_n} , \quad (27)$$

где  $\tilde{G}_{H_{max}}$  - максимальная ордината эпюры нагрузок от наклона гравитационного сооружения вперед, Па, равная ординате  $\tilde{G}_{z_{max}}$  (п.2.3.II);

$H_c$  - высота гравитационного сооружения, м;

$H_n$  - расстояние от отметки кордона до подошвы гравитационного сооружения, м;

$h_c$  - расстояние от отметки кордона до верха гравитационного сооружения, м;

$y$  - текущая координата, м, отсчитываемая от отметки кордона ( $0 < y \leq H_n$ ).

2.4.5. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта из сторочки  $\sigma_o^{3\pi}$  и  $\sigma_o^2$  определяются с учетом величин  $A_o$  и  $B_L$  (см.рис. 7) в соответствии с требованиями раздела 2.2 РД 31.31.02-79 и пп. 2.2.2, 2.2.3 настоящего руководства.

Эпюра вертикальной нагрузки  $q_n$ , равна эпюре реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения (пп. 2.3.7-2.3.10).

Эпюра нагрузок  $q_n$ , имеющая вид трапеции, приводится к прямоугольной и треугольной эпюрам нагрузок.

Интенсивность равномерно распределенной горизонтальной нагрузки  $\bar{t}$  равна интенсивности сил трения по подошве гравитационного сооружения  $\bar{T}_n$  (п.2.3.12).

Горизонтальная нагрузка, направленная в противоположную сторону силам трения, учитывается на участке подошвы гравитационного сооружения, выходящем за пределы призмы обрушения (см.рис. 4б,в).

- ПРИМЕЧАНИЯ:**
1. В случаях, когда подошва гравитационного сооружения полностью находится в призме обрушения, давление грунта на оторочку  $\sigma_o$  принимается равным нулю.
  2. В случаях, когда горизонтальная нагрузка  $\bar{t}$  направлена в сторону территории, давление грунта на оторочку  $\sigma_o$  принимается равным нулю.

2.4.6. Ординаты эпюры горизонтальной составляющей дополнительного давления грунта на оторочку  $\sigma_o^{3\pi}$  определяются с учетом величин  $A_o$  и  $B_L$  (см.рис. 7) в соответствии с требованиями раздела 2.2 РД 31.31.02-79.

Нагрузку  $q_{T_L}$ , равную интенсивности вертикального давления грунта засыпки на уровне подошвы гравитационного сооружения, следует определять с учетом нагрузок, расположенных на причале.

2.4.7. Перемещение оторочки на уровне крепления анкера допускается в первом приближении определять по формуле

$$\Delta = \frac{0,75 L_a R}{E_{ct}} + U , \quad (28)$$

- где  $L_a$  - расстояние от расчетной плоскости оторочки до анкерной опоры, м;  
 $R$  - расчетное сопротивление материала анкера, Па;  
 $E_{ct}$  - модуль упругости материала анкера, Па;  
 $U$  - перемещение анкерной опоры, м, определяемое в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79.

Беличина  $\Delta$  уточняется последовательными расчетами после определения нормативного значения анкерной реакции, действующей на 1 м оторочки по длине сооружения,  $R_a''$  (п.2.4.9).

2.4.8. Перед расчетом оторочки следует проверить ее устойчивость на поворот вокруг точки анкеровки при нагрузке  $G_o$  (п.2.4.1) и полном отпоре перед оторочкой в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79 и ВСН 3-80. Минморфлот

Глубина погружения оторочки  $t_o$  принимается не менее максимальной из полученных расчетами по пп. 2.1.6 и 2.4.8 настоящего руководства.

2.4.9. Оторочку следует рассчитывать как статически неопределенную балку на нагрузку  $G_o$  (п.2.4.1) в соответствии с требованиями пп. 2.4.5 - 2.4.20 РД 31.31.02-79.

## 2.5. Указания по расчету анкерных устройств, конструктивных элементов оторочки

2.5.1. Нормативные значения усилий в анкере и элементах оторочки определяются в соответствии с требованиями раздела 2.5 РД 31.31.02-79.

2.5.2. Расчетные усилия в анкере и элементах оторочки для

расчета их сечений по прочности, а также усилия для расчета устойчивости и прочности анкерных опор определяются по их нормативным значениям и требованиям ВСН 3-80, предъявляемым к обычным за-  
анкеренным бульверкам.

2.5.3. Анкерные устройства следует рассчитывать в соответствии с требованиями ВСН 3-80.  
Инжморфлот

2.5.4. Для наглядности в Приложении 3 (справочное) приведен пример расчета оторочки с учетом разгружающего влияния существующего гравитационного сооружения.

Расчет сооружения и его элементов по первой и второй группам предельных состояний выполняется в соответствии с требованиями ВСН 3-80.  
Инжморфлот

Программа расчета оторочки перед гравитационным сооружением на языке *PL* для ЭВМ типа ЕС приведена в Приложении 4 (справочное).

Перечень заимствованных нормативно-технических документов указан в Приложении 5 (справочное).

### 3. УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

3.1. При конструировании оторочек перед существующими гравитационными сооружениями следует выполнять общие конструктивные требования ВСН 3-80, предъявляемые к конструированию и строительству обычных заанкеренных бульверков, и дополнительные требования настоящего руководства.

3.2. Конструкция и компоновка элементов оторочки должны обеспечивать наиболее полное использование несущей способности и наиболее благоприятное деформированное напряженное состояние их.

3.3. В качестве элементов оторочки следует преимущественно применять элементы, имеющие шпунтовое зацепление.

При применении железобетонного щунта и свай, свай-оболочек, стальных труб, железобетонных плит, не имеющих щунтового зацепления, необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению грунтонепроницаемости стенок.

3.4. В качестве анкерных опор следует использовать железобетонные плиты, сваи, щунты, сваи-оболочки, металлические щунты и другие прокатные профили.

3.5. Расстояние между оторочкой и лицевой гранью гравитационного сооружения должно выбираться таким образом, чтобы наиболее эффективно использовать существующее гравитационное сооружение.

По возможности оторочку перед существующим гравитационным сооружением рекомендуется размещать на минимальном расстоянии от лицевой грани гравитационного сооружения, удобном для выполнения работ по возведению оторочки.

При реконструкции, вызванной необходимостью существенного повышения нагрузок на территории причала, оторочку перед существующим гравитационным сооружением рекомендуется размещать на таком расстоянии, при котором подошва гравитационного сооружения находилась бы за пределами призмы обрушения грунта за оторочкой (см.рис. 4в).

При этом нагрузку на зону засыпки между оторочкой и гравитационным сооружением следует по возможности ограничить.

3.6. При конструировании оторочек из элементов, не имеющих щунтового зацепления, особое внимание следует уделять обеспечению ее грунтонепроницаемости, которая может быть обеспечена:

в зоне выше отметки существующего дна отсыпкой обратных фильтров или подвеской рулонных синтетических материалов в соответствии с требованиями ВСН 3-80 МИМОРДЛОТ;

в зоне ниже отметки существующего дна устройством завесы из плоского металлического щунта или другим надежным конструктивным

и технологичным способом.

Для снятия гидростатического давления за оторочкой должны быть предусмотрены дренажные выпуски, располагаемые ниже расчетного уровня воды у причала.

3.7. Анкеровка оторочки может осуществляться за распределительные пояса, а в случае применения крупноразмерных элементов повышенной жесткости за каждый элемент.

Для уменьшения неравномерности загрузления анкерных тяг, а также доведения их деформации до величины, обеспечивающей оптимальный режим работы оторочки, рекомендуется включать в тяги специальные устройства, обеспечивающие заданную деформацию.

3.8. Для обеспечения совместной работы элементов сооружения, выравнивания усилий в анкерных тягах и выборки лайтов рекомендуется для оторочки с применением элементов повышенной жесткости предварительное натяжение анкеров до засыпки грунта за стенку с усилием 30 - 50 кН.

3.9. При разработке технологии строительства оторочки следует порядок выполнения операций увязывать с возможностью создания в элементах конструкции наиболее благоприятного напряженного состояния за счет искусственного регулирования смещения стеки на уровне крепления анкера.

3.10. Засыпку грунта между оторочкой и существующим гравитационным сооружением рекомендуется выполнять до углубления дна у причала.

Выбор материала (песок, камень) для заполнения пазухи между оторочкой и существующим гравитационным сооружением следует производить исходя из технико-экономического анализа вариантов реконструкции причала с учетом обеспечения грунтонепроницаемости.

3.11. Строительно-монтажные работы рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

демонтаж покрытия причала, крановых и железнодорожных путей;  
разборка верхнего строения гравитационного сооружения и выемка грунта до отметки расположения анкерных тяг оторочки;  
отрывка котлована под монтаж анкерных опор;  
погружение элементов оторочки и, в случае необходимости,  
устройство грунтонепроницаемой завесы;  
устройство анкерной опоры, монтаж распределительных поясов  
и анкерных тяг;  
отсыпка грунта перед анкерной опорой;  
засыпка грунта между оторочкой и существующим гравитационным  
сооружением;  
возведение надстройки причала;  
засыпка грунта до отметки кордона причала;  
монтаж крановых и железнодорожных путей, отбойных устройств,  
укладка покрытия на причале;  
углубление дна у причала.

3.12. При устройстве оторочек в виде заанкеренного балльверка целесообразно применять бесстражную укладку анкеров с целью сохранения верхнего строения и территории действующего причала, на которой расположены подкрановые и железнодорожные пути, автодороги и инженерные сети, обеспечивающие соседние причалы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**КОРРЕКТОРОВКА УСЛОВНОГО ПРОЛЕТА ОТОРОЧКИ ПО ДАННЫМ РАСЧЕТОВ  
ПЕРВОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ**

1. В первом приближении условный пролет оторочки  $\ell_o$  определяется по п.2.1.11 настоящего руководства.
  2. После расчета оторочки согласно требованиям раздела 2.4 настоящего руководства величина условного пролета оторочки  $\ell_o$ , а следовательно, и положение подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой уточняются для расчетов второго приближения в соответствии с характером эпюры изгибающих моментов в оторочке, полученной расчетом первого приближения.
  3. При расчетной эпюре, характеризующей работу оторочки по схеме с защемлением или частичным защемлением, величина  $\ell_o^P$  определяется как расстояние от уровня крепления анкера до уровня максимального момента в защемлении стенки.
- При эпюре, характеризующей работу оторочки по схеме свободного опирания, величина  $\ell_o^P = \ell_o$ . Расчет не корректируется.
- ПРИМЕЧАНИЕ.** При незначительном защемлении стенки оторочки следует принимать  $\ell_o^P = H_o + 0,67 t_o$ .
4. Критерием корректировки является сравнение величины условного пролета  $\ell_o$ , принятого в расчете первого приближения, с условным пролетом  $\ell_o^P$ , полученным после расчета первого приближения по эпюре изгибающих моментов в оторочке.
  - Условие сходимости считается выполненным, когда величины  $\ell_o$  и  $\ell_o^P$  отличаются не более чем на 5%.
  5. Если условие сходимости невыполнено, следует откорректировать величину  $\ell_o$  и повторить расчет согласно требованиям раздела 2 настоящего руководства.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(продолжение)

При этом, в случаях  $\ell_o > \ell_o'$  расстояние  $\ell_o$  следует уменьшить, в случаях  $\ell_o < \ell_o'$  расстояние  $\ell_o$  следует увеличить (рекомендуется принимать для расчетов второго приближения  $\ell_o = \ell_o'$ ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(рекомендуемое)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОРДИНАТ ЭПОР ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА ОТ ТРЕУГОЛЬНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

1. В зависимости от вида нагрузки ординаты эпирор горизонтальной составляющей давления грунта на расчетную плоскость стены определяются по формулам (5,9) пп. 2.2.2, 2.2.3 настоящего руководства.

2. Для упрощения расчетов формулы (5,9) могут быть представлены соответственно в виде:

$$\tilde{\sigma}_a^{q_{\max}} = q_{np} \lambda_a k_r ; \quad (1)$$

$$\tilde{\sigma}_a^T = T k_r , \quad (2)$$

где  $k_r = \frac{2}{\pi} \left\{ \left[ \left( \beta_2 - \frac{\sin^4 \beta_2}{4} \right) - \left( \beta_1 - \frac{\sin^4 \beta_1}{4} \right) \right] - 2 \operatorname{ctg} \beta_2 (\sin^4 \beta_2 - \sin^4 \beta_1) \right\} ; \quad (3)$

$$k_r = \frac{2}{3\pi} \left[ (\sin^4 \beta_1 + 2 \sin^2 \beta_1 + 4 \ln \cos \beta_1) - (\sin^4 \beta_2 + 2 \sin^2 \beta_2 + 4 \ln \cos \beta_2) \right] . \quad (4)$$

Значения коэффициентов  $k_r$  и  $k_T$  принимаются соответственно по таблицам 1,2 настоящего приложения в зависимости от величины  $\operatorname{ctg} \beta_i$ .

$$\operatorname{ctg} \beta_1 = \frac{y}{A} ; \quad (5) \quad \operatorname{ctg} \beta_2 = \frac{y}{A+B_1} , \quad (6)$$

где  $y, A, B_1$  - по пп. 2.2.2, 2.2.3 настоящего руководства.

Таблица 1

Коэффициенты  $k_T$  для вычисления ординат эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от вертикальной треугольной нагрузки интенсивностью  $q_{pr}$ .

$ctg \beta_1$	$ctg \beta_2$														
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
0,25	0,010	0,003	0,001												
0,50	0,106	0,083	0,066	0,052											
0,75	0,250	0,213	0,182	0,150	0,030										
1,00	0,406	0,359	0,318	0,282	0,115	0,025									
1,25	0,531	0,477	0,429	0,381	0,175	0,062	0,014								
1,50	0,624	0,567	0,515	0,463	0,240	0,107	0,041	0,009							
1,75	0,691	0,631	0,577	0,523	0,268	0,145	0,068	0,025	0,014						
2,00	0,737	0,676	0,620	0,565	0,324	0,174	0,091	0,041	0,033	0,009					
2,25	0,768	0,707	0,650	0,595	0,349	0,195	0,109	0,054	0,043	0,014	0,002				
2,50	0,792	0,730	0,673	0,617	0,369	0,212	0,122	0,066	0,051	0,021	0,006	0,001			
2,75	0,809	0,747	0,690	0,633	0,383	0,225	0,134	0,075	0,053	0,027	0,010	0,004	0,001		
3,00	0,822	0,759	0,702	0,645	0,400	0,235	0,142	0,083	0,065	0,033	0,014	0,006	0,002	0,001	
4,00	0,850	0,787	0,729	0,672	0,419	0,257	0,162	0,101	0,082	0,046	0,025	0,014	0,010	0,006	0,003
5,00	0,861	0,797	0,739	0,682	0,428	0,266	0,171	0,109	0,089	0,052	0,032	0,021	0,015	0,010	0,007
6,00	0,866	0,802	0,744	0,687	0,433	0,271	0,176	0,113	0,092	0,056	0,035	0,024	0,017	0,013	0,009
7,00	0,868	0,805	0,747	0,689	0,436	0,273	0,178	0,115	0,094	0,058	0,037	0,026	0,019	0,014	0,010
8,00	0,870	0,807	0,749	0,691	0,437	0,275	0,179	0,116	0,096	0,059	0,038	0,027	0,020	0,015	0,011
9,00	0,871	0,808	0,750	0,692	0,438	0,276	0,180	0,117	0,097	0,061	0,039	0,028	0,021	0,016	0,012
10,00	0,872	0,808	0,750	0,692	0,438	0,276	0,180	0,117	0,097	0,061	0,039	0,028	0,021	0,016	0,012

(продолжение)

Таблица 2

Коэффициенты  $k_2$  для вычисления ординат эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от равномерно распределенной горизонтальной нагрузки интенсивностью  $\gamma$

$\operatorname{ctg} \beta_1$	$\operatorname{ctg} \beta_2$														
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
0,25	0,710	0,357	0,162												
0,50	1,128	0,756	0,566	0,406											
0,75	1,262	0,929	0,702	0,542	0,138										
1,00	1,308	0,975	0,748	0,583	0,180	0,046									
1,25	1,325	0,993	0,765	0,605	0,197	0,063	0,017								
1,50	1,332	1,000	0,772	0,612	0,204	0,070	0,024	0,008							
1,75	1,335	1,002	0,774	0,614	0,206	0,073	0,026	0,009	0,002						
2,00	1,336	1,003	0,775	0,615	0,207	0,074	0,026	0,011	0,003	0,001					
2,25	1,336	1,004	0,776	0,616	0,208	0,074	0,026	0,011	0,004	0,002	0,001				
2,50	1,337	1,004	0,776	0,616	0,208	0,075	0,026	0,011	0,004	0,002	0,001	0			
2,75	1,337	1,004	0,776	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,004	0,002	0,001	0	0		
3,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,002	0,001	0	0	0	
4,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
5,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
6,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
7,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
8,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
9,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	
10,00	1,337	1,005	0,777	0,617	0,209	0,075	0,029	0,012	0,005	0,003	0,001	0	0	0	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(справочное)

ПРИМЕР РАСЧЕТА

I. УСТАНОВЛЕНИЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ СООРУЖЕНИЯ

I.I. Исходные данные

I.I.1. Глубина у существующего гравитационного сооружения 8,0 м, отметка кордона + 2,5 м. Нагрузки первой категории.

I.I.2. Проектная глубина у оторочки перед существующим гравитационным сооружением 13,0 м, отметка кордона + 2,5 м, отметка уровня расположения анкеров + 0,85 м. Нагрузки первой категории приняты по Нормам технологического проектирования морских портов. Нагрузка от навала судна  $N_y = 1000$  кН.

I.I.3. Грунт основания - суглинок с  $\varphi = 25^\circ$ ,  $C = 10,0$  кПа, плотностью  $\gamma' = 1,0 \text{ т}/\text{м}^3$ ; грунт засыпки - песок с  $\varphi = 30^\circ$ , плотностью над водой  $\gamma_z = 1,8 \text{ т}/\text{м}^3$  и под водой  $\gamma_g = 1,0 \text{ т}/\text{м}^3$ , модуль деформации грунта засыпки  $E_z = 25,0$  МПа; каменная постель и каменная призма за гравитационным сооружением с  $\varphi_k = 45^\circ$ , плотностью  $\gamma_k = 1,1 \text{ т}/\text{м}^3$ .

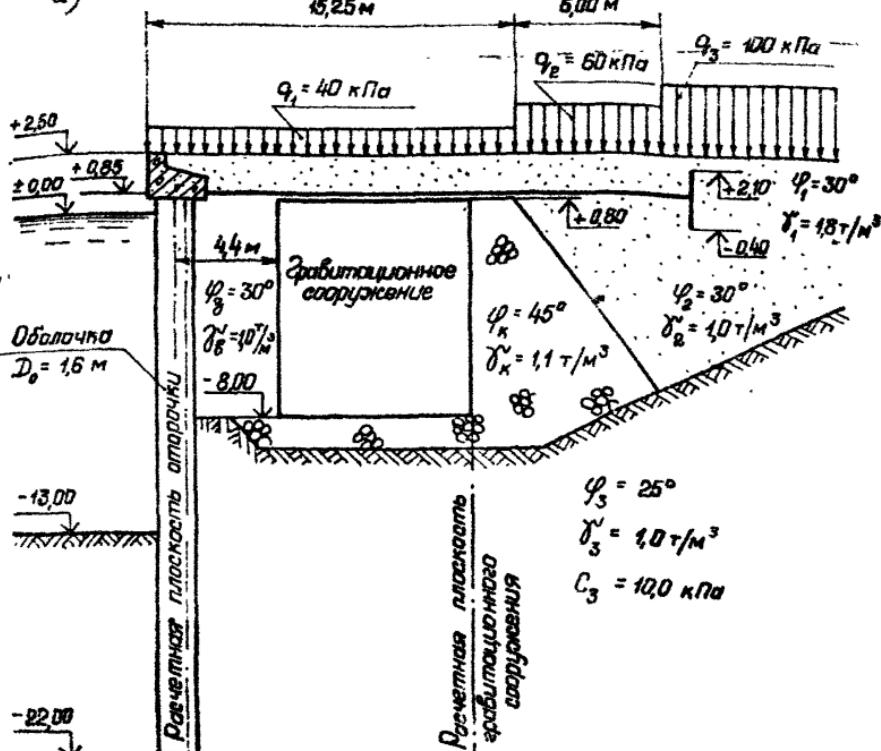
I.2. Конструктивная схема (рис. Ia)

I.2.1. Для расчета принимается оторочка из предварительно напряженных трещиностойких железобетонных оболочек  $D_o = 1,6$  м, толщиной  $\delta = 15$  см (марка бетона "400",  $E_\delta = 33,0 \cdot 10^3$  МПа).

Оторочка анкеруется за анкерную опору.

Существующее гравитационное сооружение ряжевой конструкции установлено на каменной постели толщиной 1,0 м. Удельный

а)



б)

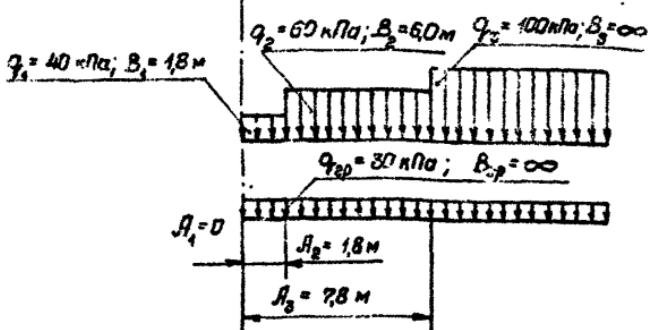


Рис. 1. Схема сооружения:

а - конструктивная схема; б - схема расположения вертикальных нагрузок за расчетной плоскостью гравитационного сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

вес ряжа с каменной засыпкой  $\gamma_p = 22,28 \text{ кН/м}^3$ . Высота гравитационного сооружения  $H_c = 8,8 \text{ м}$ , ширина  $B_c = 8,0 \text{ м}$ .

1.2.2. Расстояние от оси оторочки до лицевой грани существующего гравитационного сооружения принимается равным 4,4 м.

В качестве анкерной опоры оторочки принимается анкерная плита высотой  $h_{an} = 2,5 \text{ м}$ .

1.2.3. Расчет по глубинному сдвигу в предположении круглоцилиндрической поверхности скольжения показал, что для обеспечения устойчивости сооружения подошве элементов оторочки должна располагаться на отметке не выше - 22,0 м ( $t_{min} = 9,0 \text{ м}$ ). В первом приближении глубина погружения элементов оторочки принимается равной  $t_{min}$  ( $t_o = t_{min} = 9,0 \text{ м}$ ).

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

2.1. Расчетная плоскость оторочки принимается на расстоянии  $0,25 D_o$  от оси оболочки в сторону засыпки.

Расстояние от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения  $Z = 4,0 \text{ м}$ .

Расчетная плоскость гравитационного сооружения принимается по условной вертикали, проходящей через тыловую грань гравитационного сооружения.

2.2. Интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки на причале  $q_o$  в пределах расстояния от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$q_o = \frac{\sum (q_i B_i + p_i)}{x} = \frac{40,0 \cdot 4,0 + 0}{4,0} = 40,0 \text{ кН.}$$

2.3. Величины и расположение вертикальных нагрузок за расчетной плоскостью гравитационного сооружения приведены на рис. 1б.

Интенсивность нагрузки от грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения

$$q_{\varphi} = \gamma_p g h_c = 1,8 \cdot 9,81 \cdot 1,7 = 30,0 \text{ кН.}$$

2.4. Условный пролет оторочки в первом приближении

$$L_o = H_o + 0,67 t_o = 13,85 + 0,67 \cdot 9,0 = 19,9 \text{ м.}$$

Положение подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за оторочкой определяется построением по п.2.1.11 настоящего руководства (рис. 2).

Подошва гравитационного сооружения частично попадает в призму обрушения.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ СООРУЖЕНИЕ

3.1. Определение нагрузок, действующих на гравитационное сооружение

3.1.1. Собственный вес гравитационного сооружения

$$G = \gamma_p H_c B_c = 11,28 \cdot 8,8 \cdot 8,0 = 794,2 \text{ кН/м},$$

где  $\gamma_p$  определено в п.1.2.1 настоящего приложения.

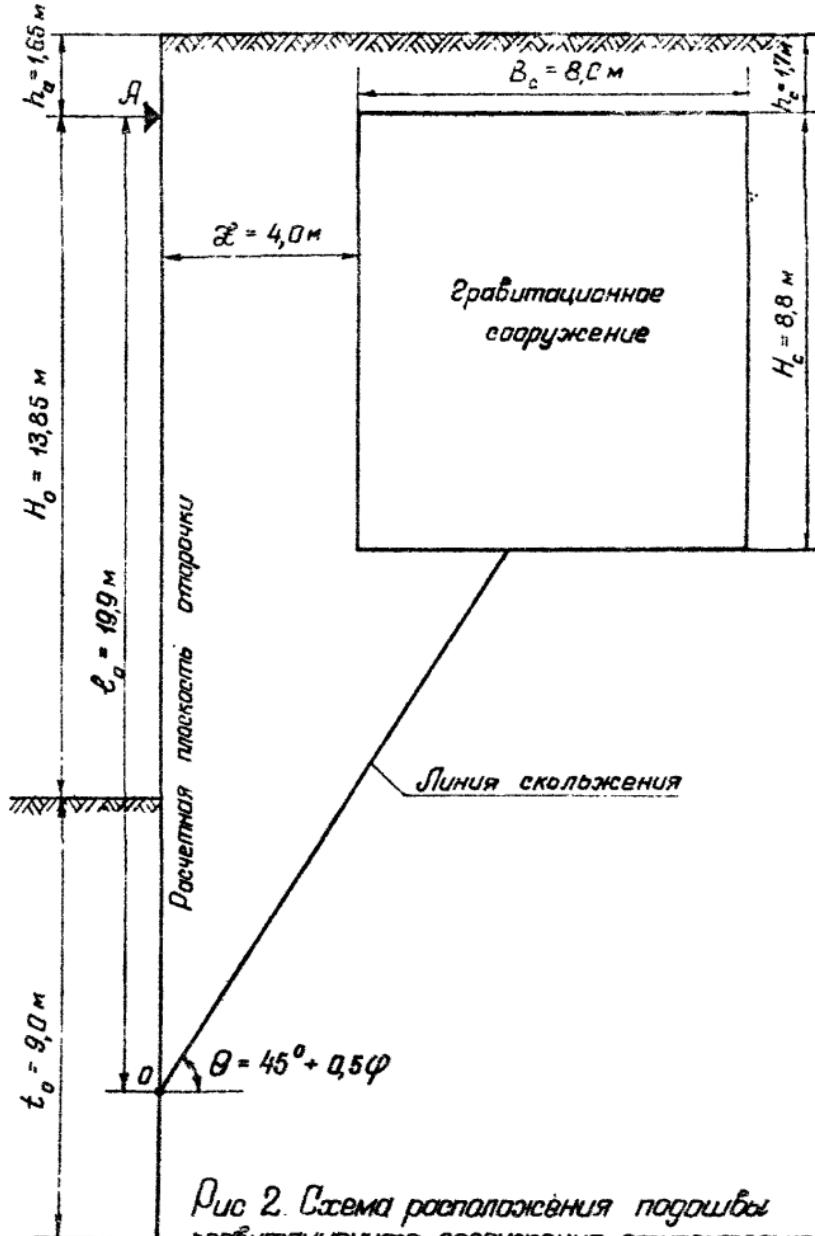


Рис. 2. Схема расположения подошвы гравитационного сооружения относительно призмы обрушения грунта за отпорочкой

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

3.1.2. Интенсивность равномерно распределенных вертикальных нагрузок над гравитационным сооружением  $q_c$  в пределах ширины  $B_c$

$$q_c = \frac{\delta_i g h_c B_c + \sum (q_i B_i + p_i)}{B_c} =$$

$$= \frac{1,8 \cdot 9,81 \cdot 1,7 \cdot 8,0 + (40,0 \cdot 8,0 + 0)}{8,0} = 70,0 \text{ кПа.}$$

3.1.3. Давление грунта на лицевую грань гравитационного сооружения

$$\sigma_y = \sigma_{y_i}^{\text{сил}} \lambda_{\alpha_i},$$

где  $\sigma_{y_i}^{\text{сил}}$  - интенсивность вертикального давления грунта в сидяще на глубине  $y$  от отметки верха гравитационного сооружения;

$$\sigma_{y_i}^{\text{сил}} = \delta_i g m_i h_{o_i} + \sigma_{y_{i-1}}^{\text{сил}} (1 - m_i),$$

$$\text{где } m_i = 1 - e^{-\frac{y - \sum_{j=1}^{i-1} h_j}{h_{o_i}}};$$

$$h_{o_i} = \frac{x}{2\lambda_{\alpha_1}\varphi_i},$$

$$\text{где } x = 4,0 \text{ м; } \lambda_{\alpha_1} = \lambda_{\alpha_2} = 0,28 (\varphi = 30^\circ);$$

$$\varphi_i = \varphi_e = \operatorname{tg} 0,667 \cdot 30^\circ = 0,364;$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$h_{o_1} = h_{o_2} = \frac{4,0}{2 \cdot 0,28 \cdot 0,364} = 19,62 \text{ м.}$$

Интенсивность нагрузки на поверхности грунта в сilosе  
(на отметке верха гравитационного сооружения)

$$\sigma_{y=0}^{cui} = g_o + g_{\varphi} = 40,0 + 30,0 = 70,0 \text{ кПа},$$

где  $g_o$ ,  $g_{\varphi}$  определены соответственно в пп. 2.2, 2.3 настоящего приложения.

Результаты подсчетов давления грунта на лицевую грань гравитационного сооружения  $\sigma_y$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Давление грунта на лицевую грань гравитационного сооружения

Отм. и	$y - \sum_{i=1}^{i-1} h_i$ м	$\frac{y - \sum_{i=1}^{i-1} h_i}{h_{o_i}}$	$m_i$	$\delta_i g m_i h_{o_i}$ кПа	$\sigma_{y_i}^{cui} (1-m_i)$ кПа	$\sigma_{y_i}^{cui}$ кПа	$\sigma_y$ кПа
+ 0,8	0	0	0	0	70,00	70,00	19,6
± 0,0	0,8	0,041	0,040	13,86	67,20	81,06	22,7
± 0,0	0	0	0	0	81,06	81,06	22,7
- 2,0	2,0	0,102	0,097	18,67	73,20	91,87	25,7
- 4,0	4,0	0,204	0,186	35,80	65,98	101,78	28,5
- 6,0	6,0	0,306	0,263	50,62	59,74	110,36	30,9
- 8,0	8,0	0,408	0,335	64,48	53,90	118,38	33,1

3.1.4. Давление грунта на тыловую грань гравитационного сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$\sigma_t = \sigma_a^{\varphi} + \sigma_a^q.$$

Активное давление грунта от грунта засыпки

$$\sigma_a^{\varphi} = \sigma_{y_i}^{\varphi} \lambda_{a_i},$$

где  $\sigma_{y_i}^{\varphi}$  - интенсивность вертикального давления грунта на глубине  $y$  от отметки верха гравитационного сооружения;

$$\sigma_{y_i}^{\varphi} = \gamma g (y - \sum_{i=1}^{i-1} h_i) + \sigma_{y_{i-1}}^{\varphi}.$$

Результаты подсчетов активного давления от грунта засыпки  $\sigma_a^{\varphi}$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Давление грунта на тыловую грань гравитационного сооружения

отм. м	$y - \sum_{i=1}^{i-1} h_i$ м	$\sigma_{y_i}^{\varphi}$ кПа	$\sigma_a^{\varphi}$ кПа	$\sigma_a^q$ кПа	$\sigma_t$ кПа
+ 0,8	0	0	0	19,6	19,6
± 0,0	0,8	14,13	4,0	20,3	24,3
± 0,0	0	14,13	4,0	20,3	24,3
- 2,0	2,0	33,75	9,5	24,6	34,1
- 4,0	4,0	53,37	15,0	27,3	42,3
- 6,0	6,0	72,99	20,4	29,6	50,0
- 8,0	8,0	92,61	25,9	31,6	57,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

давление грунта от равномерно распределенных вертикальных нагрузок, расположенных за расчетной плоскостью гравитационного сооружения (см.рис. 1б):

$$\text{от нагрузки } q_I = q_1 + q_{\varphi} = 70,0 \text{ кНа}$$

$$S_a^{q_I} = q_I \lambda_a k_e;$$

$$\text{от нагрузки } q_2 = q_2 + q_{\varphi} = 90,0 \text{ кНа}$$

$$S_a^{q_2} = q_2 \lambda_a (k_e - k_i);$$

$$\text{от нагрузки } q_{\bar{I}} = q_3 + q_{\varphi} = 130,0 \text{ кНа}$$

$$S_a^{q_{\bar{I}}} = q_{\bar{I}} \lambda_a (1 - k_i).$$

Результаты подсчетов давления грунта от равномерно распределенных нагрузок  $S_a^q$  приведены в табл. 3.

Результаты подсчетов давления грунта на тыловую грань гравитационного сооружения  $S_T$  приведены в табл. 2.

### 3.2. Определение реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения

3.2.1. Эпюра реактивного давления грунта принимается в виде трапеции с ординатами, определяемыми по пп.3.2.2 - 3.2.4 настоящего приложения, так как подошва гравитационного сооружения частично попадает в призму обрушения (см.рис. 2).

3.2.2. Ордината эпюры реактивного давления грунта у лицевой грани гравитационного сооружения

$$S_{n_4} = S_{y=H_c}^{\text{сил}} = 118,4 \text{ кНа},$$

Таблица 3

Давление грунта на тыловую грань гравитационного сооружения от равномерно распределенных вертикальных нагрузок

отм. у	x	$q_1 = 70,0 \text{ кПа};$ $A_1 = 0; B_1 = 1,8 \text{ м}$			$q_2 = 90,0 \text{ кПа};$ $A_2 = 1,8 \text{ м}; B_2 = 6,0 \text{ м}$			$q_3 = 130,0 \text{ кПа};$ $A_3 = 7,8 \text{ м}; B_3 = \infty$			$\sigma_a^2$ кПа		
		$\operatorname{ctg}\beta_2$	$k_2$	$q_2 \lambda_a k_2$	$\operatorname{ctg}\beta_2$	$k_2$	$\operatorname{ctg}\beta_3$	$k_3$	$q_3 \lambda_a \times$ $(k_3 - k_2)$	$\operatorname{ctg}\beta_3$	$k_3$		
+ 0,5	0	0	1,000	19,6	0	1,000	0	1,000	0	0	1,000	0	19,6
± 0,0	0,8	0,444	0,892	17,5	0,102	0,998	0,444	0,892	2,7	0,102	0,998	0,1	20,3
- 2,0	2,8	1,555	0,244	4,8	0,359	0,938	1,555	0,244	17,5	0,359	0,938	2,3	24,6
- 4,0	4,8	2,667	0,070	1,4	0,615	0,778	2,667	0,070	17,8	0,615	0,778	8,1	27,3
- 6,0	6,8	3,778	0,028	0,5	0,872	0,585	3,778	0,028	14,0	0,872	0,585	15,1	29,6
- 8,0	6,8	4,889	0,014	0,3	1,128	0,425	4,889	0,014	10,4	1,128	0,425	20,9	31,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

где  $\Sigma_{y=H_c}^{c, \pi}$  определено в табл. 1.

3.2.3. Равнодействующая вертикальных нагрузок

$$N = G + q_c B_c + E_{\theta_r} + E_{\theta_n} = 794,2 + 70,0 \cdot 8,0 + 128,2 + 87,9 = 1570,3 \text{ кН/м},$$

где  $G, q_c$  определены соответственно в пп.3.1.1, 3.1.2 настоящего приложения;

$$E_{\theta_r} = E_r \operatorname{tg}(0,667\varphi) = 352,2 \operatorname{tg} 40^\circ = 128,2 \text{ кН/м},$$

$$\begin{aligned} \text{где } E_r = & 0,5(19,6+24,3) \cdot 0,8 + 0,5(24,3+34,1) \cdot 2,0 + \\ & + 0,5(34,1+42,3) \cdot 2,0 + 0,5(42,3+50,0) \cdot 2,0 + \\ & + 0,5(50,0+57,5) \cdot 2,0 = 352,2 \text{ кН/м (см.табл. 2)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\theta_n} = & 0,5 \cdot \left( q_o + q_{ip} + \delta_{cp, \theta}^t g H_c - \Sigma_{y=H_c}^{c, \pi} \right) = \\ = & 0,5 \cdot 4,0(40,0+30,0+1,07 \cdot 9,81 \cdot 8,8-118,4) = 87,9 \text{ кН/м}, \end{aligned}$$

где  $q_o, q_{ip}$  определены соответственно в пп.2.2, 2.3 настоящего приложения;

$\Sigma_{y=H_c}^{c, \pi}$  определено в табл. 1.

3.2.4. Ордината эпоры реактивного давления грунта у тыловой грани гравитационного сооружения

$$\Sigma_{\theta_r} = \frac{2N}{B_c} - \Sigma_{\theta_n} = \frac{2 \cdot 1570,3}{8,0} - 118,4 = 274,2 \text{ кПа},$$

где  $N, \Sigma_{\theta_n}$  определены соответственно в пп.3.2.3, 3.2.2 настоящего приложения.

3.2.5. Расчетное давление на грунт основания

$$R_{ip} = R_o \left[ 1 + k_1 \left( \frac{B_c - \theta_r}{\theta_r} \right) \right] + k_2 \delta^t g (H_c - h_r) =$$

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$= 300,0 \left[ 1 + 0,125 \frac{8,0 - 1,0}{1,0} \right] + 0,2 \cdot 1,2 \cdot 9,81 (10,5 - 2,0) = \\ = 582,5 \text{ кПа},$$

где значения величин, входящих в формулу, приняты по СНиП II-15-74.

**3.2.6.** Максимальная ордината эпюры реактивного давления грунта по подошве гравитационного сооружения

$$\sigma_{n_{max}} = \sigma_{n_T} \leq R_{\varphi}; 24,2 \text{ кПа} < 582,5 \text{ кПа},$$

где  $\sigma_{n_T}$ ,  $R_{\varphi}$  определены соответственно в пп.3.2.4, 3.2.5 настоящего приложения.

**3.3.** Определение реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения и сил трения по его подошве

**3.3.1.** Реактивное давление грунта по лицевой грани гравитационного сооружения принимается треугольной формы с максимальной ординатой на уровне верха гравитационного сооружения (рис. 3).

$$\sigma_{z_{max}} = - \frac{3 \sum M_o}{H_c^2} = - \frac{3 (-1007,6)}{8,82^2} = 39,0 \text{ кПа},$$

$$\text{где } \sum M_o = E_n h_n - 0,5 E_{g_1} B_c - E_T h_T + 0,5 E_{g_2} B_c - E_n h_n = \\ = 242,9 \cdot 4,11 - 0,5 \cdot 87,9 \cdot 8,0 - 362,2 \cdot 3,79 + \\ + 0,5 \cdot 128,2 \cdot 8,0 - 1570,3 \cdot 0,53 = -1007,6 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м},$$

$$\text{где } E_n = 0,5(19,6 + 22,7) \cdot 0,8 + 0,5(22,7 + 25,7) \cdot 2,0 + \\ + 0,5(25,7 + 28,5) \cdot 2,0 + 0,5(28,5 + 30,9) \cdot 2,0 + \\ + 0,5(30,9 + 33,1) \cdot 2,0 = 242,9 \text{ кН}/\text{м} \text{ (см.табл. 1);}$$

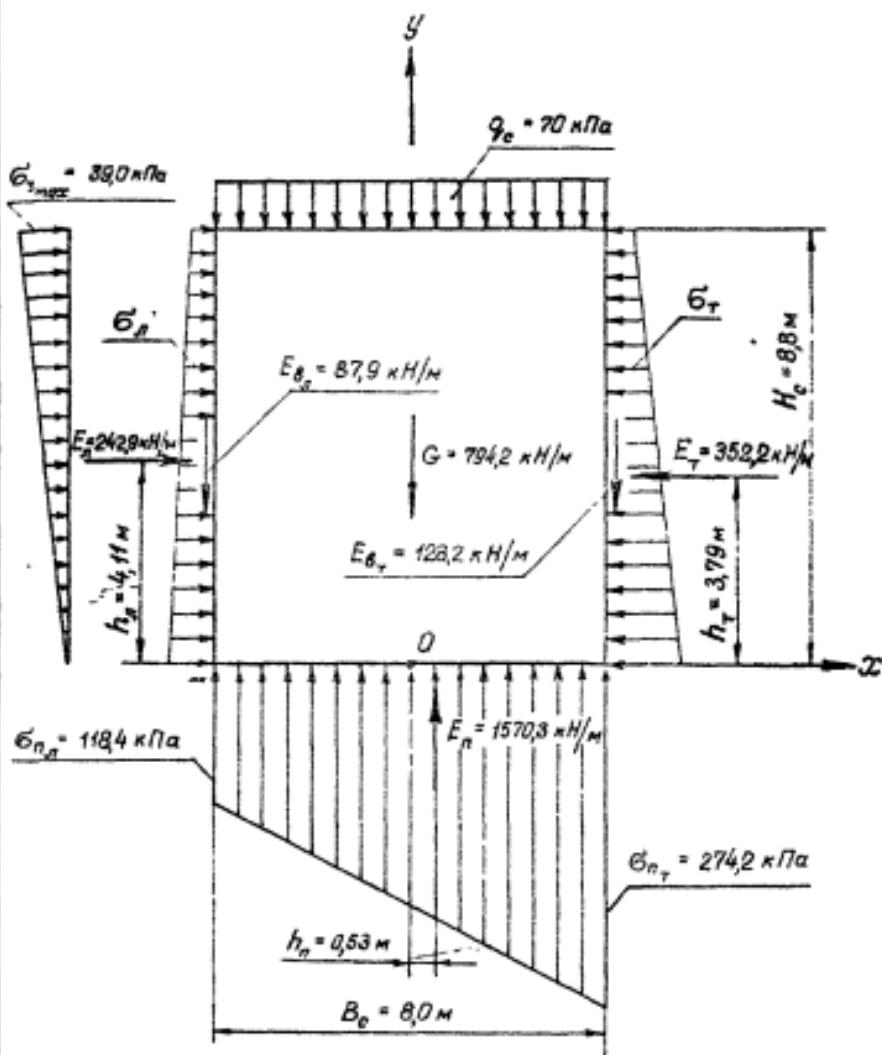


Рис. 3. Схема нагрузок для определения реактивного давления грунта по лицевой грани гравитационного сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$E_{\ell_s}, E_T, E_{\ell_r}$  определены в п.3.2.3 настоящего приложения;

$$E_n = 0,5 B_c (\tilde{G}_{n_s} + \tilde{G}_{n_r}) = 0,5 \cdot 8,0 (118,4 + 274,2) = 1870,3 \text{ кН/м},$$

где  $\tilde{G}_{n_s}, \tilde{G}_{n_r}$  определены соответственно в пп.3.2.2, 3.2.4 настоящего приложения;

$$h_s = 4,11; \quad h_r = 3,79 \text{ м}; \quad h_n = 0,53 \text{ м} \text{ (см.рис. 3)}.$$

3.3.2. Интенсивность сил трения по подошве гравитационного сооружения

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{E_T - E_n - 0,5 \tilde{G}_{e_{max}} H_c}{B_c} = \\ &= \frac{352,2 - 242,9 - 0,5 \cdot 39,0 \cdot 8,8}{8,0} = - 7,8 \text{ кН}, \end{aligned}$$

где  $E_T$  определено в п.3.2.2 настоящего приложения;

$E_n, \tilde{G}_{e_{max}}$  определены в п.3.3.1 настоящего приложения.

Сила трения по подошве гравитационного сооружения направлена в сторону акватории.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОТОРОЧКУ

4.1. Активное давление грунта на оторочку:

на участке выше отметки верха гравитационного сооружения

$$\text{як. + 2,5} \quad \tilde{G}_s^a = q_o \lambda_{a_2} = 40,0 \cdot 0,28 = 11,2 \text{ кН/м};$$

$$\begin{aligned} \text{отм. + 0,8} \quad \tilde{G}_o^a &= (i_2 g h_c + q_o) \lambda_{a_2} = \\ &= (1,8 \cdot 9,81 \cdot 1,7 + 40,0) \cdot 0,28 = 19,6 \text{ кН/м}, \end{aligned}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

где  $q_o$  определено в п.2.2 настоящего приложения;  
на участке в пределах высоты гравитационного сооружения

$$\tilde{G}_o^a = \tilde{G}_a^{cu} = G_a$$

где  $G_a$  определено в табл. 1;  
на участке ниже отметки подошвы гравитационного сооружения

$$\tilde{G}_o^a = (\tilde{G}_y^{\varphi} + \tilde{G}_{y=H_c}^{cu} k_2) \lambda_a - c \lambda_{ac},$$

где  $\tilde{G}_y^{\varphi}$  - интенсивность вертикального давления грунта на глубине  $y$  от отметки подошвы гравитационного сооружения;

$$\tilde{G}_y^{\varphi} = f g y;$$

$\tilde{G}_{y=H_c}^{cu}$  - интенсивность вертикального давления грунта в склоне на уровне подошвы гравитационного сооружения с учетом нагрузок  $q_o$  и  $q_{\varphi}$ ;

$$\tilde{G}_{y=H_c}^{cu} = 118,4 \text{ кПа (см.табл. 1);}$$

$k_2$  - коэффициент, определяемый в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79 (Приложение 4) в зависимости от величины  $\operatorname{ctg} \beta_2$ ;

$$\operatorname{ctg} \beta_2 = \frac{y}{B},$$

где  $B = Z = 4,0 \text{ м.}$

Результаты подсчетов активного давления грунта на оторочку на участке ниже отметки подошвы гравитационного сооружения приведены в табл. 4.

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

Таблица 4

Активное давление грунта на оторочку на участке ниже отметки подошвы гравитационного сооружения

Отм. и	у и	$\tilde{\sigma}_y^a$ кПа	$c \operatorname{tg} \beta_2$	$k_2$	$\tilde{\sigma}_{y=H_c}^{act} k_2$ кПа	$(\tilde{\sigma}_y^a + \tilde{\sigma}_{y=H_c}^{act} k_2) \times \lambda_\alpha^a$ кПа	$c \lambda_{ac}$ кПа	$\tilde{\sigma}_o^a$ кПа
- 8,0	0	0	0	1,000	118,40	41,4	10,7	30,7
- 10,0	2,0	19,62	0,50	0,858	101,58	42,4	10,7	31,7
- 12,0	4,0	39,24	1,00	0,500	59,20	34,4	10,7	23,7
- 14,0	6,0	58,86	1,50	0,261	30,90	31,4	10,7	20,7
- 16,0	8,0	78,48	2,00	0,142	16,81	33,4	10,7	22,7
- 18,0	10,0	98,10	2,50	0,083	9,83	37,8	10,7	27,1
- 20,0	12,0	117,72	3,00	0,053	6,28	43,4	10,7	32,7
- 22,0	14,0	137,34	3,50	0,035	4,14	49,5	10,7	38,8

Активное давление грунта на оторочку  $\tilde{\sigma}_o^a$  по всей ее длине приведено в табл. 7.

4.2. Дополнительное давление грунта на оторочку от треугольной нагрузки  $\tilde{\sigma}_n$  (рис. 4):

на участке выше отметки верха гравитационного сооружения ( $0 \leq y \leq h_c$ )

$$\tilde{\sigma}_n^H = \frac{\tilde{\sigma}_{n, \max} H_c y}{H_n h_c} ;$$

на участке в пределах высоты гравитационного сооружения ( $h_c \leq y \leq H_n$ )

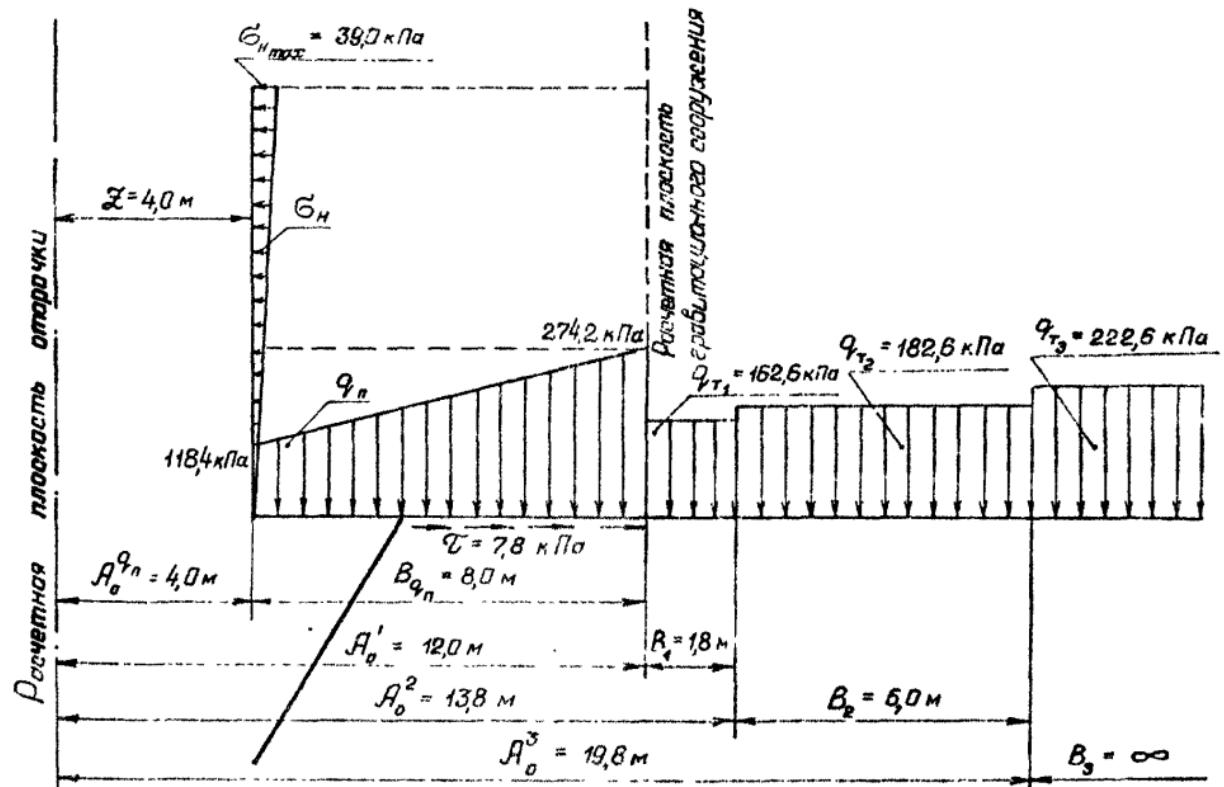


Рис. 4. Схема расположения нагрузок относительно расчетной плоскости отпора

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$\sigma_o^H = \frac{\sigma_{H_{max}} (H_n - y)}{H_n} ,$$

где  $\sigma_{H_{max}} = \sigma_{y_{max}} = 39,0$  кПа;

$\sigma_{y_{max}}$  определено в п.З.3.1 настоящего приложения;

$H_n = 10,5$  м.

Результаты подсчетов дополнительного давления грунта на оторочку  $\sigma_o^H$  от треугольной нагрузки  $\sigma_H$  приведены в табл. 7.

4.3. Дополнительное давление грунта на оторочку от вертикальной нагрузки  $q_n$  определяется с учетом величин  $A_o^{q_n}$  и  $B_{q_n}$  (см.рис. 4).

Эпюра вертикальной нагрузки  $q_n$  приводится к прямоугольной и треугольной эпюрам нагрузок.

$$\sigma_o^{q_n} = \sigma_o^q - \sigma_o^{q_{max}} .$$

Дополнительное давление грунта на оторочку:

от равномерно распределенной нагрузки  $q = 274,2$  кПа

$$\sigma_o^q = q \lambda_a (k_2 - k_1) ;$$

от треугольной нагрузки с максимальной интенсивностью у лицевой грани гравитационного сооружения

$$q_{max} = 274,2 - 118,4 = 155,8 \text{ кПа}$$

$$\sigma_o^{q_{max}} = q_{np} \lambda_a k_r ,$$

$$\text{где } q_{np} = q_{max} \frac{A_o^{q_n} + B_{q_n}}{B_{q_n}} = 155,8 \cdot \frac{4,0 + 8,0}{8,0} = 233,7 \text{ кПа.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

Результаты подсчетов дополнительного давления грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^{q_T}$  от вертикальной нагрузки  $q_{T_1}$  приведены в табл. 5.

4.4. Дополнительное давление грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^T$  от равномерно распределенной горизонтальной нагрузки  $T$  принимается равным нулю, так как горизонтальная нагрузка  $T$  направлена в сторону территории (см.рис. 4).

4.5. Дополнительное давление грунта на оторочку от равномерно распределенных вертикальных нагрузок  $q_{T_1}, q_{T_2}, q_{T_3}$ , расположенных за расчетной плоскостью гравитационного сооружения, (см.рис. 4):

$$\text{от нагрузки } q_{T_1} = q_1 + q_{T_1} + \tilde{G}_{y=H_c}^{q_T} = 162,6 \text{ кПа}$$

$$\tilde{G}_{q_{T_1}} = q_{T_1} \lambda_a (k_2 - k_1);$$

$$\text{от нагрузки } q_{T_2} = q_2 + q_{T_2} + \tilde{G}_{y=H_c}^{q_T} = 182,6 \text{ кПа}$$

$$\tilde{G}_{q_{T_2}} = q_{T_2} \lambda_a (k_2 - k_1);$$

$$\text{от нагрузки } q_{T_3} = q_3 + q_{T_3} + \tilde{G}_{y=H_c}^{q_T} = 222,6 \text{ кПа}$$

$$\tilde{G}_{q_{T_3}} = q_{T_3} \lambda_a (1 - k_1),$$

где  $\tilde{G}_{y=H_c}^{q_T}$  — интенсивность вертикального давления грунта засыпки на уровне подошвы гравитационного сооружения;

$$\tilde{G}_{y=H_c}^{q_T} = 92,6 \text{ кПа (см.табл. 2).}$$

Результаты подсчетов дополнительного давления грунта на оторочку  $\tilde{G}_o^{q_T}$  от равномерно распределенных вертикальных нагрузок  $q_{T_1}$  приведены в табл. 6.

Таблица 5

Дополнительное давление грунта на оторочку от вертикальной нагрузки  $q_n$

Отм. м	$y$ м	$q = 274,2 \text{ кНа};$ $A_o^{q_n} = 4,0 \text{ м};$ $B_{q_n} = 8,0 \text{ м}$					$q_{np} = 233,7 \text{ кНа};$ $A_o^{q_n} = 4,0 \text{ м};$ $B_{q_n} = 8,0 \text{ м}$					$\Sigma q_n$ кНа
		$ctg\beta_2$	$k_2$	$ctg\beta_1$	$k_1$	$G_o^q$ кПа	$ctg\beta_2$	$ctg\beta_1$	$k_r$	$G_o^{q_{max}}$ кНа		
-8,0	0	0	1,000	0	1,000	0	0	0	0	0	0	0
-10,0	2,0	0,167	0,992	0,5	0,858	12,8	0,167	0,5	0,078	6,4	6,4	
-12,0	4,0	0,333	0,946	1,0	0,500	43,0	0,333	1,0	0,227	18,6	24,4	
-14,0	6,0	0,500	0,858	1,5	0,261	57,3	0,500	1,5	0,240	19,6	37,7	
-16,0	8,0	0,667	0,733	2,0	0,141	57,3	0,667	2,0	0,224	18,3	39,0	
-18,0	10,0	0,833	0,615	2,5	0,083	51,0	0,833	2,5	0,182	14,9	36,1	
-20,0	12,0	1,000	0,500	3,0	0,052	43,0	1,000	3,0	0,142	11,6	31,4	
-22,0	14,0	1,167	0,406	3,5	0,035	35,6	1,167	3,5	0,112	9,2	26,4	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Таблица 6

Дополнительное давление грунта на оторочку от равномерно распределенных вертикальных нагрузок  $q_{T_i}$

Отм. и м	$y$	$q_{T_1} = 162,6 \text{ кПа};$ $A_1' = 12,0 \text{ м}; B_1 = 1,8 \text{ м}$				$q_{T_1} = 182,6 \text{ кПа};$ $A_1' = 13,8 \text{ м}; B_2 = 6,0 \text{ м}$				$q_{T_1} = 222,6 \text{ кПа};$ $A_1' = 19,8 \text{ м}; B_3 = \infty$				$\sum q_{T_i}$ кПа	
		$ctg\beta_2$	$k_2$	$ctg\beta_1$	$k_1$	$q_{T_1} \lambda_a^x$ $(k_2 - k_1)$	$ctg\beta_2$	$k_2$	$ctg\beta_1$	$k_1$	$q_{T_1} \lambda_a^x$ $(k_2 - k_1)$	$ctg\beta_1$	$k_1$	$q_{T_1} \lambda_a^x$ $(k_2 - k_1)$	
-3,0	0	0	1,000	0	1,000	0	0	1,000	0	1,000	0	0	1,000	0	0
-10,0	2,0	0,145	0,994	0,167	0,992	0,1	0,101	0,997	0,145	0,994	0,2	0,101	0,997	0,2	0,5
-12,0	4,0	0,230	0,964	0,333	0,948	0,9	0,202	0,986	0,290	0,964	1,4	0,202	0,936	1,1	3,4
-14,0	6,0	0,435	0,898	0,500	0,858	2,3	0,303	0,960	0,435	0,890	4,0	0,303	0,960	3,1	9,4
-16,0	8,0	0,580	0,802	0,667	0,738	3,6	0,404	0,915	0,580	0,802	7,2	0,404	0,915	6,6	17,4
-18,0	10,0	0,725	0,694	0,833	0,615	4,5	0,505	0,855	0,725	0,694	10,3	0,505	0,855	11,3	26,1
-20,0	12,0	0,870	0,587	1,000	0,500	5,0	0,606	0,784	0,870	0,587	12,6	0,606	0,784	16,8	34,4
-22,0	14,0	1,014	0,491	1,157	0,403	5,0	0,707	0,708	1,014	0,491	13,9	0,707	0,708	22,7	41,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

4.6. Дополнительное давление грунта на оторочку

$$\Delta \tilde{G}_o = G_o^H + G_o^{q_H} + G_o^T + G_o^{q_T},$$

где  $G_o^H$ ,  $G_o^{q_H}$ ,  $G_o^T$ ,  $G_o^{q_T}$  определены соответственно в пп.4.2-4.5 настоящего приложения.

Результаты подсчетов дополнительного давления грунта на оторочку  $\Delta \tilde{G}_o$  приведены в табл. 7.

4.7. Нагрузка на оторочку

$$G_o = G_c^a + \Delta \tilde{G}_o,$$

где  $G_c^a$ ,  $\Delta \tilde{G}_o$  определены соответственно в пп.4.1, 4.6 настоящего приложения.

Результаты подсчетов нагрузки на оторочку  $\tilde{G}_o$  приведены в табл. 7.

Таблица 7

Нагрузка на оторочку

Отм. м	$G_o^a$ кН/а	$\tilde{G}_o^H$ кН/а	$G_o^{q_H}$ кН/а	$G_o^T$ кН/а	$G_o^{q_T}$ кН/а	$\Delta \tilde{G}_o$ кН/а	$\tilde{G}_o$ кН/а
+ 2,5	11,2	0				0	11,2
+ 0,8	13,6	32,7				32,7	52,3
± 0,0	22,7	29,7				29,7	52,4
- 2,0	26,7	22,3				22,3	43,0
- 4,0	28,5	14,8				14,3	43,3
- 6,0	30,9	7,1				7,4	38,3
- 8,0	33,1	0				0	33,1

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Продолжение табл. 7

Отм. к	$\sigma_a^a$ МПа	$\sigma_o^H$ МПа	$\sigma_o^G$ МПа	$\sigma_o^E$ МПа	$\sigma_o^{Fr}$ МПа	$4\sigma_o$ МПа	$\sigma_o$ МПа
- 8,0	30,7		0	0	0	0	30,7
- 10,0	31,7		6,4	0	0,5	6,9	38,6
- 12,0	23,7		24,4	0	3,4	27,8	51,5
- 14,0	20,7		37,7	0	9,4	47,1	67,8
- 16,0	22,7		39,0	0	17,4	56,4	79,1
- 18,0	27,1		36,1	0	26,1	62,2	89,3
- 20,0	32,7		31,4	0	34,4	65,8	98,5
- 22,0	38,8		26,4	0	41,6	68,0	106,6

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОТОРОЧКИ НА УРОВНЕ КРЕПЛЕНИЯ АНКЕРА

5.1. Перемещение анкерной плиты на уровне крепления анкера определяется в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79 (Приложение 3)

$$\mathcal{U} = \frac{\gamma_{cp} \cdot g \cdot \lambda_p}{2k} = \frac{1,69 \cdot 9,81 \cdot 3,94}{2 \cdot 3500} \approx 0,009 \text{ м.}$$

5.2. Перемещение оторочки на уровне крепления анкера

$$\Delta = \frac{0,75 L_a R}{E_{cr}} + \mathcal{U} = \frac{0,75 \cdot 19,4 \cdot 210,0}{2 \cdot 10^5} + 0,009 = 0,024 \text{ м.}$$

где  $L_a = 19,4 \text{ м.}$   
 $R = 210,0 \text{ МПа.}$

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$E_{cr} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

У определено в п.5.1 настоящего приложения.

Положение анкерной плиты определяется в соответствии с требованиями ВСН 3-80.  
Минморфлот

## 6. РАСЧЕТ ОТОРОЧКИ \*

6.1. Проверка устойчивости оторочки на поворот вокруг точки крепления анкера

6.1.1. Суммарный момент активных сил, поворачивающих оторочку вокруг точки крепления анкера,

$$\begin{aligned}\Sigma M_{act} = & 0,5(52,0+52,4) \cdot 0,85 \cdot 0,43 + 0,5(52,4+33,1) \cdot 8,0 \cdot 4,55 + \\& + 0,5(31,0+79,0) \cdot 8,0 \cdot 13,43 + 0,5(79,0+107,0) \cdot 6,0 \cdot 20,00 = \\& = 18644,4 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}.\end{aligned}$$

Эпюра нагрузок, действующих на оторочку (п.4.7 настоящего приложения), приведена на рис. 5.

Эпюра нагрузок на оторочку  $\sigma_o$  осредняется в эпюре правильного очертания с ординатами, указанными на рис. 5.

6.1.2. Пассивное давление грунта перед оторочкой

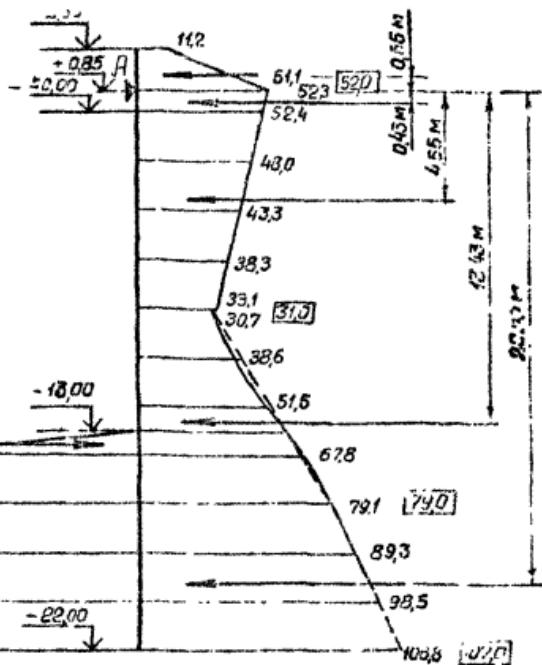
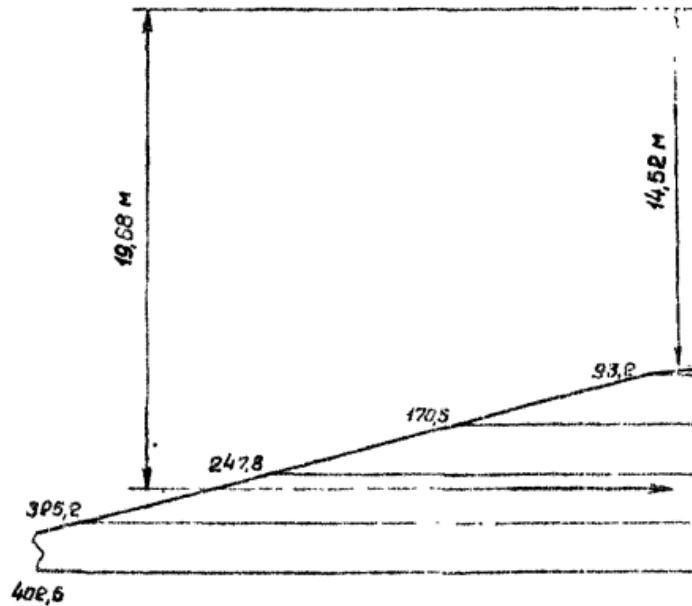
$$\sigma_{p_0}^{\varphi} = \sigma_y^{\varphi} \lambda_p + c \lambda_{pc},$$

где  $\sigma_y^{\varphi}$  - интенсивность вертикального давления грунта на глубине  $y$  от уровня проектного дна перед оторочкой;

$$\sigma_y^{\varphi} = \gamma g y.$$

---

\* расчет оторочки производится в соответствии с требованиями РД 31.31.02-79.



Примечание. Интенсивность нагрузок в кг/м

Рис. 5. Схема нагрузок для проверки устойчивости оторочки на поворот баланса при креплении антена

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Результаты подсчетов пассивного давления грунта перед оторочкой  $\sigma_{\rho_a}^{\varphi}$  приведены в табл. 8.

Таблица 8

Пассивное давление грунта перед оторочкой

Отм. м	$Y$ м	$\sigma_y^{\varphi}$ кПа	$\sigma_y^{\varphi} \lambda_p$ кПа	$c \lambda_{pc}$ кПа	$\sigma_{\rho_a}^{\varphi}$ кПа
-13,0	0	0	0	0	0
-14,0	1,0	9,61	38,6	54,6	93,2
-16,0	3,0	29,43	115,9	54,6	170,5
-18,0	5,0	49,05	193,2	54,6	247,8
-20,0	7,0	68,67	270,6	54,6	325,2
-22,0	9,0	88,29	347,9	54,6	402,5

6.1.3. Суммарный момент пассивных сил, удерживающих оторочку от поворота вокруг точки крепления анкера,

$$\sum M_{yy} = 0,5(11,2+51,1) \cdot 1,65 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 93,2 \cdot 1,0 \cdot 14,52 + 0,5(93,2+402,5) \cdot 8,0 \cdot 19,68 = 39731,5 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}.$$

Эпюра пассивного давления грунта перед оторочкой (п.6.1.2 настоящего приложения) приведена на рис. 5.

6.1.4. Условие устойчивости считается выполненным, если

$$n_c n m_g \sum M_{\text{пов}} < \frac{m}{k_H} \sum M_{yy},$$

где  $n_c, n, m_g, k_H$  принимаются в соответствии с требованиями ВСН 3-80 ;  
Минморплот

$\sum M_{\text{пов}}, \sum M_{yy}$  определены соответственно из пп.6.1.1,6.1.

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

настоящего приложения.

$$1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,10 \cdot 18644,4 < \frac{1,15}{1,20} \cdot 39731,5;$$

$$25636,0 < 38076,0.$$

Условие устойчивости выполнено, глубина погружения оторочки принимается равной  $t_o = 9,0$  м (отм. - 22,0 м), определенной по п.1.2.3 настоящего приложения.

### 6.2. Расчетная схема оторочки.

6.2.1. За расчетную схему оторочки принимается балка жесткостью  $[EJ]_o = 281,7 \cdot 10^4$  кН·м<sup>2</sup>, опертая в точке крепления анкера на упругоподатливую опору и размещенная ниже уровня дна у оторочки в упругом основании, характеризуемом коэффициентом постели, линейно возрастающим с глубиной (рис. 6а).

Балка рассчитывается на нагрузку  $G_o$  (п.4.7 настоящего приложения).

6.2.2. Схема статически неопределенной балки расщепляется на две схемы (рис. 6б,в).

По первой схеме рассчитывается консольная балка жесткостью  $[EJ]_o = 281,7 \cdot 10^4$  кН·м<sup>2</sup> на нагрузку  $G_o$ , действующую на балку выше уровня дна, и силу  $\Delta R_o$ , заменяющую нагрузку  $G_o$ , действующую на балку ниже уровня дна.

По второй схеме рассчитывается консольная балка жесткостью  $[EJ]_o = 281,7 \cdot 10^4$  кН·м<sup>2</sup> на единичную силу  $P = 1,0$ , приложенную в точке  $A$  по направлению действия силы (анкерной реакции оторочки)  $R_o$ .

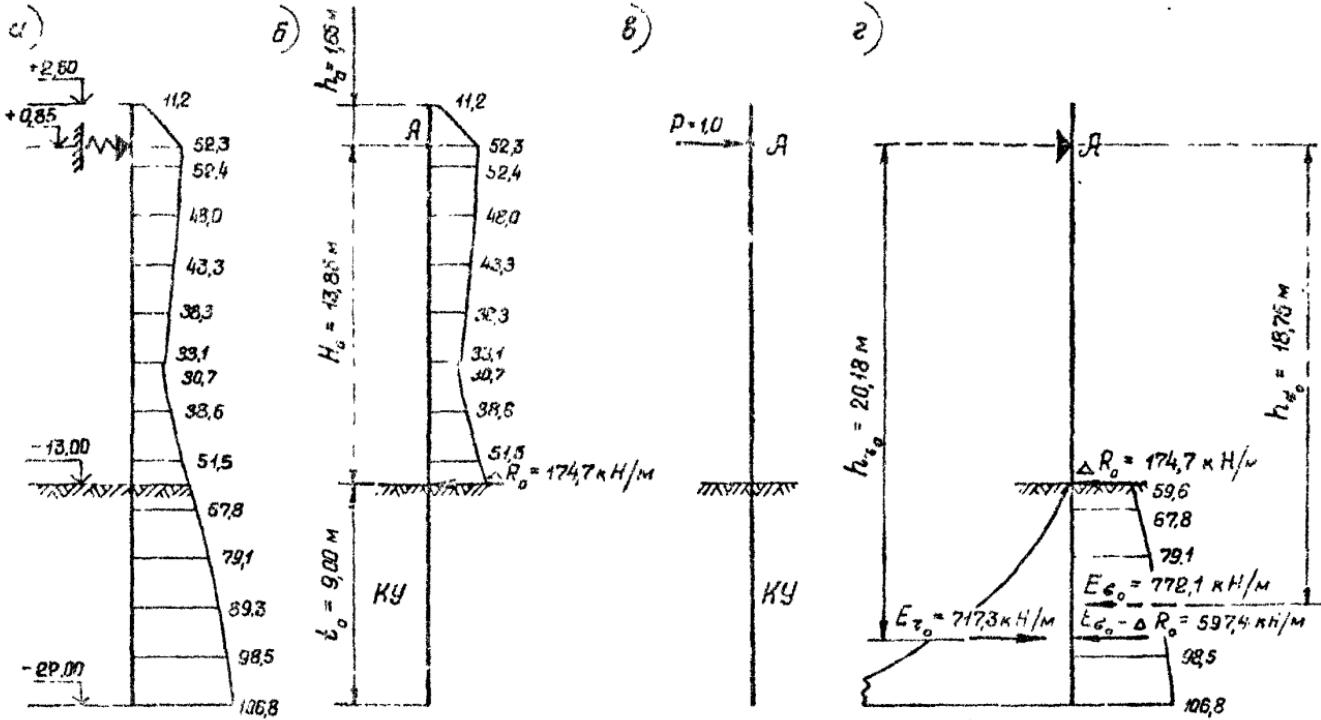


Рис. 6 Схема нагрузок для расчета опорных УИ: а - расчетная схема опорочки; б - первая схема консольной балки; в - вторая схема консольной балки; г - схема нагрузок для определения силы  $\Delta R_0$ .  
 Примечание. Интенсивность нагрузок  $6 \text{ кПа}$

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

6.3. Определение силы  $\Delta R_o$ , заменяющей нагрузку  $G_o$ , действующую на балку ниже уровня дна

6.3.1. Сила  $\Delta R_o$  определяется из уравнения равновесия моментов всех сил относительно точки  $A$  по схеме, представленной на рис. бг.

$$\begin{aligned}\Delta R_o &= \frac{E_{\sigma_o} h_{\sigma_o} (E_{\sigma_o} - E_{z_o})}{E_{\sigma_o} h_{\sigma_o} - E_{z_o} H_o} = \\ &= \frac{772,1 \cdot 18,75 (772,1 - 717,3)}{772,1 \cdot 18,75 - 717,3 \cdot 13,65} = 174,7 \text{ кН/м},\end{aligned}$$

где  $E_{\sigma_o}, E_{z_o}$  определены в п.6.3.2 настоящего приложения.

6.3.2. Равнодействующая нагрузка  $G_o$ , действующих на балку ниже уровня дна,

$$G_o = 0,5(59,6+67,8) \cdot 1,0 + 0,5(67,8+79,1) \cdot 2,0 + 0,5(79,1+39,3) \times \\ \times 2,0 + 0,5(89,3+98,5) \cdot 2,0 + 0,5(98,5+106,8) \cdot 2,0 = 772,1 \text{ кН/м}.$$

Равнодействующая реактивного давления грунта, вызванного поворотом балки вокруг точки  $A$  под воздействием нагрузки  $G_o$ ,

$$\begin{aligned}E_{z_o} = 0,50 k t_{min}^2 \Delta \theta_o H_o + 0,33 k t_{min}^3 \Delta \theta_o = \\ = 0,50 \cdot 5000 \cdot 9,0^2 \cdot 1,79 \cdot 10^{-4} \cdot 13,65 + 0,33 \cdot 5000 \cdot 9,0^3 \cdot 1,79 \cdot 10^{-4} = \\ = 717,3 \text{ кН/м}.\end{aligned}$$

6.3.3. Угол поворота балки от нагрузки  $G_o$ , действующей на балку ниже уровня дна,

$$\Delta \theta_o = \frac{E_{\sigma_o} h_{\sigma_o}}{k t_{min}^2 (0,5 H_o^2 + 0,67 H_o t_{min} + 0,25 t_{min}^2)} =$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$= \frac{772,1 \cdot 18,75}{5000 \cdot 9,0^2 (0,50 \cdot 13,25^2 + 0,67 \cdot 13,85 \cdot 9,0 + 0,25 \cdot 9,0^2)} = 1,79 \cdot 10^{-2},$$

где  $h_{\theta_0} = 18,75$  м (см. рис. 6г);  
 $k = 5000$  кН/м<sup>4</sup>.

6.4. Определение ординат вторых изгибающих моментов в каждой из консольных балок

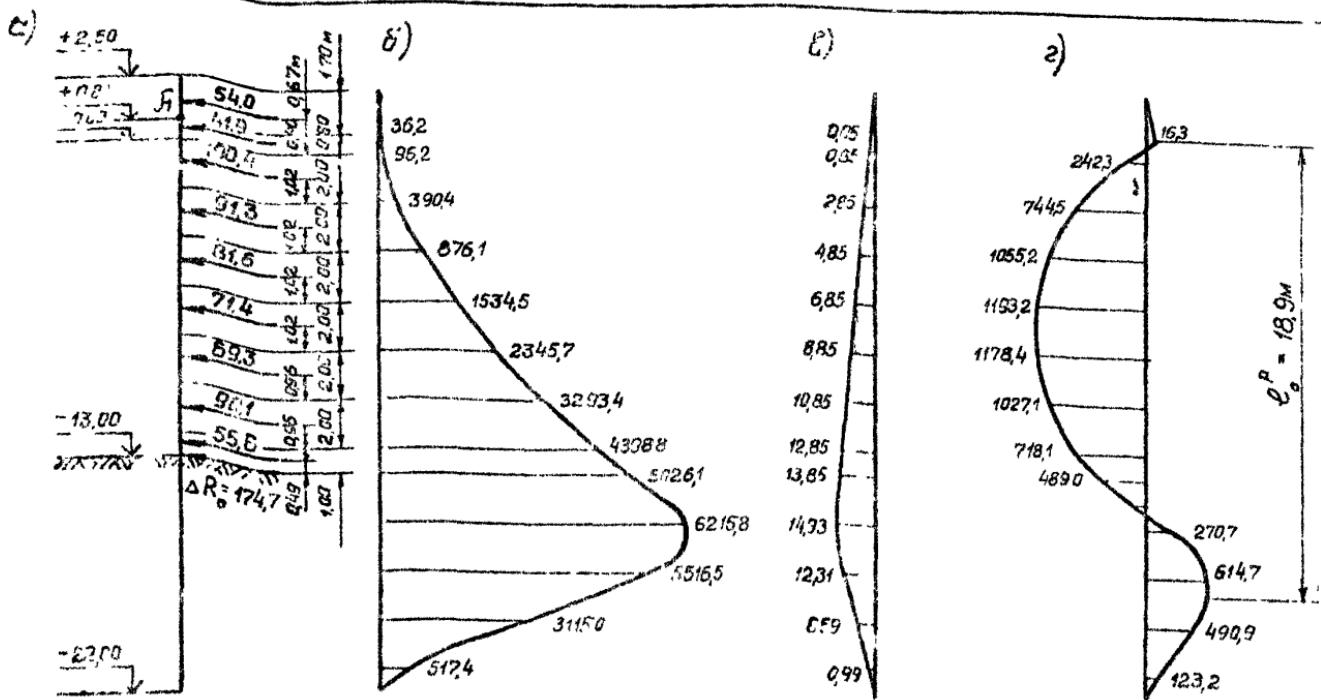
6.4.1. Начальные параметры расчета от нагрузок  $\Theta_0$  и  $\Delta R_0$  (эпюра нагрузки  $\Theta_0$  разбивается на участки, которые заменяются сосредоточенными силами, рис. 7а)

$$\begin{aligned}\Delta_0^{E_0} &= \frac{\Theta_0^{E_0} (N_t F_H - F_t N_H) + M_0^{E_0} (N_t T_H - T_t N_H)}{[EJ]_0 (L_t N_H - N_t L_H)} = \\ &= \frac{830,3 [(-0,924)(-2,385) - (+3,848)(-0,385)] + 5026,1 \times}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} \\ &\times [(-0,924)(-1,375) - (-1,548)(-0,385)] = 8956,7 \cdot 10^{-5} \text{ м};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_0^{E_0} &= \frac{Q_0^{E_0} (F_t L_H - L_t F_H) + M_0^{E_0} (T_t L_H - L_t T_H)}{[EJ]_0 (L_t N_H - N_t L_H)} = \\ &= \frac{830,3 [(+3,848)(-0,054) - (-0,196)(-2,385)] + 5026,1 \times}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} \\ &\times [(-1,548)(-0,054) - (-0,196)(-1,375)] = -2076,1 \cdot 10^{-5},\end{aligned}$$

где  $Q_0^{E_0} = 54,0 + 41,9 + 100,4 + 91,3 + 81,6 + 71,4 + 69,3 + 90,1 + 55,6 + 174,7 = 830,3$  кН/м;

$$\begin{aligned}M_0^{E_0} &= 54,0 \cdot 14,47 + 41,9 \cdot 13,40 + 100,4 \cdot 12,02 + 91,3 \cdot 10,02 + \\ &+ 81,6 \cdot 8,02 + 71,4 \cdot 6,02 + 69,3 \cdot 3,96 + 90,1 \cdot 1,95 + 55,6 \cdot 0,49 +\end{aligned}$$



Примечание: Силы  $F$  в кН/м, изгибающие моменты на схемах „б”, „в” в кН м/м, на схеме „в” в условных единицах (м).

Рис 7 Рассчет опорочки: а-схема с предоточенными силами, заменяющими эпюру нагрузки  $\Theta_0$ ; б-эпюра изгибающих моментов в консольной балке от нагрузок ( $E_o$  и  $\Pi_0$ ); в-эпюра изгибающих моментов в консольной балке от силы  $P = 1,0$ ; г-эпюра изгибающих моментов в опорочке

НОМЕРНЫЕ  
(продолжение)

$$+ 174,7 \cdot 0 = 5026,1 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м};$$

$$\begin{aligned} L_t &= \left( -\frac{1}{3!} \alpha t_0^3 + \frac{1 \cdot 6}{8!} \alpha^2 t_0^6 - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11}{13!} \alpha^3 t_0^9 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16}{18!} \alpha^4 t_0^{12} \right) = \left( -\frac{1 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^3}{3!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^6}{8!} - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^9}{13!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{12}}{18!} \right) = -0,193 \text{ 1/m}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_t &= \left( -\frac{2}{4!} \alpha t_0^4 + \frac{2 \cdot 7}{9!} \alpha^2 t_0^8 - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12}{14!} \alpha^3 t_0^{12} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17}{19!} \alpha^4 t_0^{16} \right) = \left( -\frac{2 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^4}{4!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^8}{9!} - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{12}}{14!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{16}}{19!} \right) = -0,924 \text{ 1/m}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_t &= \left( 1 - \frac{3}{5!} \alpha t_0^5 + \frac{3 \cdot 8}{10!} \alpha^2 t_0^{10} - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13}{15!} \alpha^3 t_0^{15} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18}{20!} \alpha^4 t_0^{20} \right) = \left( 1 - \frac{3 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^5}{5!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^{10}}{10!} - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{15}}{15!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{20}}{20!} \right) = -1,548; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_t &= \left( -\frac{t_0}{1!} - \frac{4}{6!} \alpha t_0^6 + \frac{4 \cdot 9}{11!} \alpha^2 t_0^{11} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14}{16!} \alpha^3 t_0^{16} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19}{21!} \alpha^4 t_0^{21} \right) = \left( \frac{9,0}{1!} - \frac{4 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^6}{6!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{4 \cdot 9 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^{11}}{11!} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{16}}{16!} + \right. \\ &\quad \left. - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{21}}{21!} \right) = \end{aligned}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$+ \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{21}}{21!} ) = + 3,848 \text{ кг};$$

$$\begin{aligned} L_H &= \left( - \frac{1}{21} \alpha t_o^2 + \frac{1 \cdot 6}{71} \alpha^2 t_o^7 - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11}{121} \alpha^3 t_o^{12} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16}{171} \alpha^4 t_o^{17} \right) = \left( - \frac{1 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^2}{21} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^7}{71} - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{12}}{121} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{17}}{171} \right) = - 0,054 \text{ 1/m}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_H &= \left( - \frac{2}{31} \alpha t_o^3 + \frac{2 \cdot 7}{81} \alpha^2 t_o^8 - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12}{131} \alpha^3 t_o^{13} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17}{181} \alpha^4 t_o^{18} \right) = \left( - \frac{2 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^3}{31} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^8}{81} - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{13}}{131} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{18}}{181} \right) = - 0,385 \text{ 1/m}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_H &= \left( - \frac{3}{41} \alpha t_o^4 + \frac{3 \cdot 8}{91} \alpha^2 t_o^9 - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13}{141} \alpha^3 t_o^{14} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18}{191} \alpha^4 t_o^{19} \right) = \left( - \frac{3 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^4}{41} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^9}{91} - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{14}}{141} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{19}}{191} \right) = - 1,375 \text{ 1/m}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_H &= \left( 1 - \frac{4}{51} \alpha t_o^5 + \frac{4 \cdot 9}{101} \alpha^2 t_o^{10} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14}{151} \alpha^3 t_o^{15} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19}{201} \alpha^4 t_o^{20} \right) = \left( 1 - \frac{4 \cdot 17,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0^5}{51} + \right. \end{aligned}$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ З

(продолжение)

$$+ \frac{4 \cdot 9 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,0^{10}}{10!} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 9,0^{15}}{15!} + \\ + \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19 \cdot (17,75 \cdot 10^{-4})^4 \cdot 9,0^{20}}{20!} = - 2,385,$$

где  $\alpha = \frac{k}{[EJ]_o} = \frac{5000}{281,7 \cdot 10^4} = 17,75 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}^5$ ,

где  $k = 5000 \text{ кН/m}^4$ ;

$[EJ]_o$  - жесткость сечения элементов оторочки, отнесенная к 1 м по длине сооружения в  $\text{kH} \cdot \text{м}^2$ .

Начальные параметры расчета от силы  $P = 1,0$

$$\Delta_o^P = \frac{Q_o^P (N_t F_H - F_t N_H) + M_o^P (N_t T_H - T_t N_H)}{[EJ]_o (L_t N_H - N_t L_H)} = \\ = \frac{1,0 [(-0,924)(-2,385) - (+3,848)(-0,385)]}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} + \\ + \frac{13,85 [(-0,924)(-1,375) - (-1,548)(-0,385)]}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} = 18,1 \cdot 10^{-5},$$

$$\theta_o^P = \frac{Q_o^P (F_t L_H - L_t F_H) + M_o^P (T_t L_H - L_t T_H)}{[EJ]_o (L_t N_H - N_t L_H)} = \\ = \frac{1,0 [(+3,848)(-0,054) - (-0,196)(-2,385)]}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} + \\ + \frac{13,85 [(-1,548)(-0,054) - (-0,196)(-1,375)]}{281,7 \cdot 10^4 [(-0,196)(-0,385) - (-0,924)(-0,054)]} = - 4,5 \cdot 10^{-5},$$

где  $Q_o^P = P = 1,0$ ;

$$M_o^P = PH_o = 1,0 \cdot 13,85 = 13,85 \text{ н.м.}$$

$L_t, N_t, T_t, F_t, L_H, N_H, T_H, F_H$  определены выше.

6.4.2. Суммы статических знакосочетаний рядов

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$L_y = \left( -\frac{1 \alpha y^3}{3!} + \frac{1 \cdot 6 \alpha^2 y^8}{8!} - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \alpha^3 y^{13}}{13!} + \right. \\ \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16 \alpha^4 y^{18}}{18!} \right);$$

$$N_y = \left( -\frac{2 \alpha y^4}{4!} + \frac{2 \cdot 7 \alpha^2 y^9}{9!} - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \alpha^3 y^{14}}{14!} + \right. \\ \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17 \alpha^4 y^{19}}{19!} \right);$$

$$T_y = \left( 1 - \frac{3 \alpha y^5}{5!} + \frac{3 \cdot 8 \alpha^2 y^{10}}{10!} - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \alpha^3 y^{15}}{15!} + \right. \\ \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18 \alpha^4 y^{20}}{20!} \right);$$

$$F_y = \left( -\frac{y}{1!} - \frac{4 \alpha y^6}{6!} + \frac{4 \cdot 9 \alpha^2 y^{11}}{11!} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \alpha^3 y^{16}}{16!} + \right. \\ \left. + \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19 \alpha^4 y^{21}}{21!} \right),$$

где  $\alpha = \frac{k}{[EJ]_a} = \frac{5000}{261,7 \cdot 10^4} = 17,75 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}^5$ ,

$y$  - текущая координата, отсчитываемая от уровня дна.

Результаты подсчетов сумм степенных знакопеременных рядов

$L_y, N_y, T_y, F_y$  приведены в табл. 9.

Таблица 9

Суммы степенных знакопеременных рядов

отм. м	$y$ м	$L_y$ $1/\text{m}^2$	$N_y$ $1/\text{m}$	$T_y$ м	$F_y$
-13,0	0	0	0	+1,000	0
-15,0	2,0	-0,0021	-0,0024	+0,999	+1,999

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

Продолжение табл. 9

отм. м	$y$ м	$L_y$ $1/m^2$	$N_y$ $1/m$	$T_y$ м	$F_y$
-17,0	4,0	-0,019	-0,038	+0,955	+3,960
-19,0	6,0	-0,063	-0,190	+0,656	+5,542
-21,0	8,0	-0,144	-0,590	-0,432	+5,439
-22,0	9,0	-0,196	-0,924	-1,548	+3,848

6.4.3. Ординаты эпюр изгибающих моментов в каждой из консольных балок:

для участка выше уровня дна

$$M_i = M_y ,$$

где  $M_y$  - суммарный момент относительно сечения на уровне  $y$ , определяемый обычными методами строительной механики;

для участка ниже уровня дна

$$M_i = \Delta_o^i [EJ]_o L_y + \theta_o^i [EJ]_o N_y + M_o^i T_y + Q_o^i F_y ,$$

где  $\Delta_o^i, \theta_o^i, M_o^i, Q_o^i$  соответственно от нагрузок ( $S_o$  и  $\Delta R_o$ ) и силы  $P = 1,0$  определены в п.6.4.1 настоящего приложения;

$L_y, N_y, T_y, F_y$  определены в п.6.4.2 настоящего приложения.

Результаты подсчетов ординат эпюр изгибающих моментов  $M_{e_o}$  и  $M_p$  для участка выше уровня дна приведены в табл. 10.

Результаты подсчетов ординат эпюр изгибающих моментов  $M_{e_o}$

Таблица 10

Ординаты эпюр изгибающих моментов в каждой из консольных балок для участка выше уровня дна

Отм. и	Наименов. характер. расчета и; кН·м/м	С и л ы в кН/м (см. рис. 8а)										$M_{G_0}$ кН·м/м	$M_o$ и
		54,0	41,9	100,4	91,3	81,6	71,4	69,3	90,1	55,6			
+ 2,5	плечи моменты										0	0	
+ 0,8	плечи моменты	0,67 36,2									36,2	0,05	
± 0,0	плечи моменты	1,47 79,4	0,40 16,8								96,2	0,85	
- 2,0	плечи моменты	3,47 187,4	2,40 100,6	1,02 102,4							390,4	2,85	
- 4,0	плечи моменты	5,47 295,4	4,40 184,4	3,02 303,2	1,02 93,1						876,1	4,85	
- 6,0	плечи моменты	7,47 403,4	6,40 268,2	5,02 504,0	3,02 275,7	1,02 83,2					1534,5	6,85	
- 8,0	плечи моменты	9,47 511,4	8,40 352,0	7,02 704,8	5,02 458,3	3,02 246,4	1,02 72,8				2345,7	8,85	
-10,0	плечи моменты	11,47 619,4	10,40 435,8	9,02 905,6	7,02 640,9	5,02 409,6	3,02 215,6	0,96 66,5			3233,4	10,85	
-12,0	плечи моменты	13,47 727,4	12,40 519,6	11,02 1106,4	9,02 823,5	7,02 572,8	5,02 358,4	2,96 205,1	0,95 85,6		4398,8	12,85	
-13,0	плечи моменты	14,47 781,4	13,40 561,5	12,02 1206,8	10,02 514,8	8,02 654,5	6,02 429,8	3,96 274,4	1,95 175,7	0,49 27,2	5026,1	13,85	

ПРИЛОЖЕНИЯ  
(приложения)

Таблица 11

Ординаты эпзор изгибающих моментов в каждой из консольных балок для участка  
ниже уровня дна

Отм. км	от нагрузок $S_o$ и $\Delta R_o$				$M_{S_o}$ кН·м/к	от силы $P = 1,0$				$M_P$ км
	$\Delta_o^S [E\bar{I}]_o L_y$	$\theta_o^S [E\bar{I}]_o N_y$	$M_o^S T_y$	$Q_o^S F_y$		$\Delta_o^P [E\bar{I}]_o L_y$	$\theta_o^P [E\bar{I}]_o N_y$	$M_o^P T_y$	$Q_o^P F_y$	
-13,0	0	0	+5026,1	0	+5026,1	0	0	+13,85	0	+13,85
-15,0	-605,5	+140,4	+5021,1	+1659,8	+6215,8	-1,22	+0,30	+13,85	+2,00	+14,93
-17,0	-4793,9	+2222,4	+4800,0	+3288,0	+5516,5	-9,69	+4,81	+13,23	+3,96	+12,31
-19,0	-15895,5	+11111,9	+3297,1	+4601,5	+3115,0	-32,12	+24,08	+9,09	+5,54	+6,59
-21,0	-36332,7	+34505,4	-2171,3	+4516,0	+517,4	-73,42	+74,95	-5,98	+5,44	+0,99
-22,0	-49452,8	+54039,0	-7780,4	+3194,2	0	-99,90	+117,43	-21,41	+3,88	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

и  $M_p$  для участка ниже уровня дна приведены в табл. 11.

Эпоры изгибающих моментов в каждой из консольных балок соответственно от нагрузок ( $\Theta_o$  и  $\Delta R_o$ ) и силы  $P = 1,0$  приведены на рис. 7б,в.

6.5. Определение перемещения консольных балок на уровне крепления анкера

6.5.1. Перемещения консольных балок на уровне крепления анкера при местной заделке балки на уровне дна

$$\Delta_{\Theta_o} = \frac{M_o^{\Theta_o}(H_o + h_a)(0,25H_o - a \sin h_a)}{[EJ]_o} =$$

$$= \frac{5026,1(13,85+1,65)(0,25 \cdot 13,85 - 0,08 \cdot 1,65)}{281,7 \cdot 10^4} = 9210,5 \cdot 10^{-5} \text{ м},$$

где  $M_o^{\Theta_o}$  определено в п.6.4.1 настоящего приложения;

$$\Delta_P = \frac{PH_o^3}{3[EJ]_o} = \frac{1,0 \cdot 13,85^3}{3 \cdot 281,7 \cdot 10^4} = 31,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{kН}.$$

6.5.2. Перемещения консольных балок на уровне крепления анкера

$$\Delta_o = \Delta_o^{\Theta_o} + \theta_o^{\Theta_o} H_o + \Delta_{\Theta_o} = 856,7 \cdot 10^{-5} + 2076,1 \cdot 10^{-5} \times$$

$$\times 13,85 + 9210,5 \cdot 10^{-5} = 46921,2 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

$$\delta_o = \Delta_o^P + \theta_o^P H_o + \Delta_P = 18,1 \cdot 10^{-5} + 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 13,85 +$$

$$+ 31,4 \cdot 10^{-5} = 111,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{kН},$$

где  $\Delta_o^P$ ,  $\theta_o^P$  соответственно от нагрузок ( $\Theta_o$  и  $\Delta R_o$ ) и силы

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$P = 1,0$  определены в п.6.4.1 настоящего приложения;

$\Delta_{\delta_0}, \Delta_P$  определены в п.6.5.1 настоящего приложения.

6.6. Определение силы  $R_o$  и ординат эпюры изгибающих моментов в статически неопределенной балке (оторочка)

6.6.1. Сила  $R_o$ , являющаяся анкерной реакцией статически неопределенной балки (оторочки)

$$R_o = \frac{\Delta_o - \Delta}{\delta_o} = \frac{46921,2 \cdot 10^{-5} - 2400 \cdot 10^{-5}}{111,8 \cdot 10^{-5}} = 398,2 \text{ кН/м},$$

где  $\Delta_o, \delta_o$  определены в п.6.5.2 настоящего приложения;  
 $\Delta$  определено в п.5.2 настоящего приложения.

6.6.2. Ординаты эпюры изгибающих моментов в статически неопределенной балке (оторочка)

$$M_o = R_o M_p - M_{\delta_0},$$

где  $R_o$  определено в п.6.6.1 настоящего приложения;

$M_p, M_{\delta_0}$  определены в п.6.4.3 настоящего приложения.

Результаты подсчетов ординат эпюры изгибающих моментов в оторочке  $M_o$  приведены в табл. 12.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Таблица 12

Ординаты эпюры изгибающих моментов в оторочке

Отм. м	у м	$M_p$ и	$R_o M_p$ кН·м/м	$M_{\theta_0}$ кН·м/м	$M_o$ кН·м/м
+ 2,5	0	0	0	0	0
+ 0,8	1,7	0,05	19,9	36,2	-16,3
± 0,0	2,5	0,85	338,5	96,2	+242,3
- 2,0	4,5	2,85	1134,9	350,4	+744,5
- 4,0	6,5	4,85	1931,3	876,1	+1055,2
- 6,0	8,5	6,85	2727,7	1534,5	+1193,2
- 8,0	10,5	8,85	3524,1	2345,7	+1178,4
-10,0	12,5	10,85	4320,5	3293,4	+1027,1
-12,0	14,5	12,85	5116,9	4396,8	+718,1
-13,0	15,5	13,85	5515,1	5026,1	+489,0
-15,0	17,5	14,93	5945,1	6215,8	-270,7
-17,0	19,5	12,31	4901,8	5516,5	-614,7
-19,0	21,5	6,59	2624,1	3115,0	-490,9
-21,0	23,5	0,99	394,2	517,4	-123,2
-22,0	24,5	0	0	0	0

Эпюра изгибающих моментов в оторочке приведена на рис.7г.

6.7. Проверка достаточности предельной величины отпора для реализации реактивного давления грунта перед оторочкой

6.7.1. Предельная величина отпора перед оторочкой

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$\tilde{G}_{P_o} = \tilde{G}_{P_o}^{\varphi} + \tilde{G}_{P_o}^{\theta},$$

где  $\tilde{G}_{P_o}^{\varphi}$  определено в п.б.1.2 настоящего приложения;  
 $\tilde{G}_{P_o}^{\theta} = 0$ .

Эпюра предельного отпора перед оторочкой приведена на рис. 8.

### 6.7.2. Реактивное давление грунта перед оторочкой

Реактивное давление грунта перед каждой из консольных балок

$$\tilde{G}_o^i = -(\Delta_o^i \tilde{E} \tilde{T}_o L_y' + B_o^i \tilde{E} \tilde{T}_o N_y' + M_o^i T_y' + Q_o^i F_y'),$$

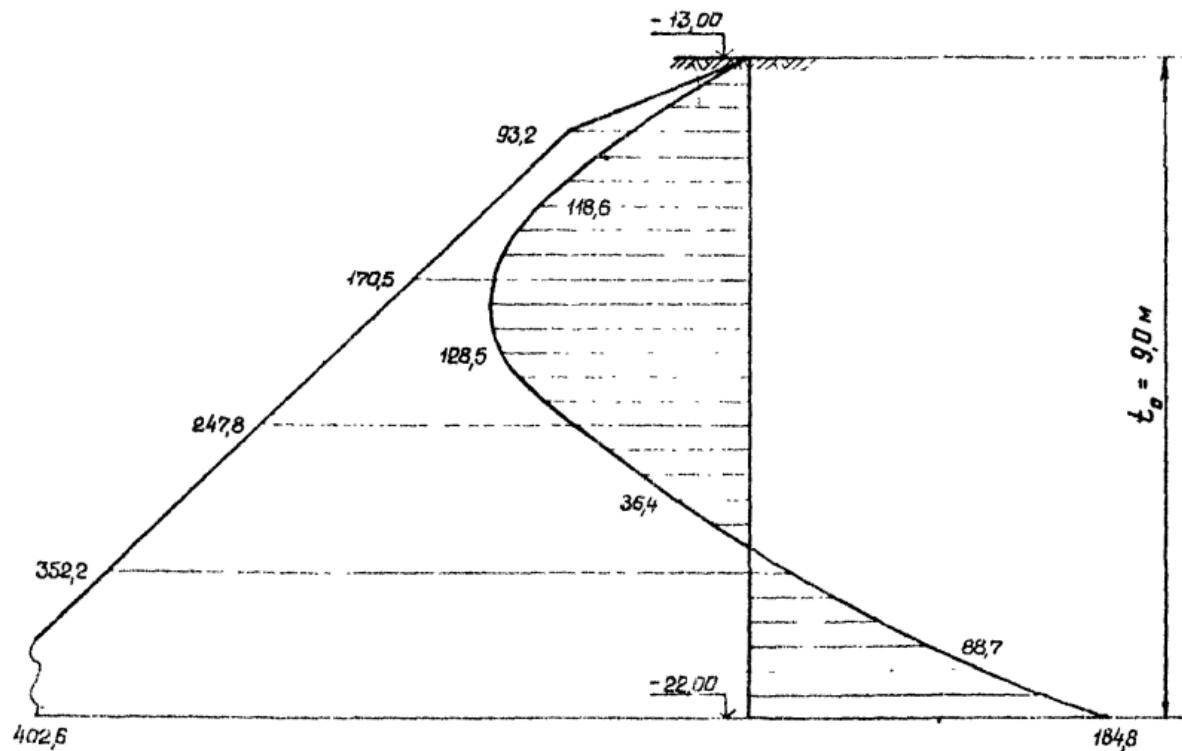
где  $\Delta_o^i, B_o^i, M_o^i, Q_o^i$  соответственно от нагрузок ( $G_o$  и  $\Delta R_o$ ) и силы  $\sigma \Gamma = 1,0$  определены в п.б.4.1 настоящего приложения.

Суммы степенных знакопеременных рядов

$$L_y' = \left( -\frac{i \alpha y}{11} + \frac{1 \cdot 6 \alpha^2 y^6}{61} - \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \alpha^3 y^{11}}{111} + \right. \\ \left. + \frac{1 \cdot 6 \cdot 11 \cdot 16 \alpha^4 y^{16}}{161} \right);$$

$$N_y' = \left( -\frac{2 \alpha y^2}{21} + \frac{2 \cdot 7 \alpha^2 y^7}{71} - \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \alpha^3 y^{12}}{121} + \right. \\ \left. + \frac{2 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 17 \alpha^4 y^{17}}{171} \right);$$

$$T_y' = \left( -\frac{3 \alpha y^3}{31} + \frac{3 \cdot 8 \alpha^2 y^8}{81} - \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \alpha^3 y^{13}}{131} + \right. \\ \left. + \frac{3 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 18 \alpha^4 y^{18}}{181} \right);$$



Примечание. Интенсивность давления в кПа

Рис 8 Эпюры предельного отпора и ресистивного давления грунта перед оторочкой

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

$$F_y' = \left( -\frac{4 \alpha y^4}{41} + \frac{4 \cdot 9 \alpha^2 y^6}{31} - \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \alpha^3 y^{14}}{141} + \right. \\ \left. + \frac{4 \cdot 9 \cdot 14 \cdot 19 \alpha^4 y^{19}}{191} \right),$$

где  $\alpha = \frac{k}{[Eg]} = \frac{5000}{281,7 \cdot 10^4} = 17,75 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}^5$ ;

$y$  - текущая координата, отсчитываемая от уровня дна.

Результаты подсчетов сумм степенных знакопеременных рядов

$L_y'$ ,  $N_y'$ ,  $T_y'$ ,  $F_y'$  приведены в табл. 13.

Таблица 13

Суммы степенных знакопеременных рядов

Отм. и	$y$	$L_y'$ $1/\text{m}^4$	$N_y'$ $1/\text{m}^3$	$T_y'$ $-1/\text{m}^2$	$F_y'$ $-1/\text{m}$
-13,0	0	0	0	0	0
-15,0	2,0	-0,0036	-0,0071	-0,0071	-0,0047
-17,0	4,0	-0,0070	-0,0283	-0,0567	-0,0757
-19,0	6,0	-0,0094	-0,0614	-0,1886	-0,3802
-21,0	8,0	-0,0074	-0,0554	-0,4231	-1,1699
-22,0	9,0	-0,0023	-0,1025	-0,5670	-1,8205

Результаты подсчетов реактивного давления грунта перед каждой из консольных балок  $G_z^{\sigma_0}$  и  $G_z^P$  приведены в табл. 14.

Реактивное давление грунта перед оторочкой

$$G_{z_0} = G_z^{\sigma_0} - R_c G_z^P,$$

где  $G_z^{\sigma_0}$ ,  $G_z^P$  определены выше;

$R_c$  определено в п.б.б.1 настоящего приложения.

Таблица 14

Реактивное давление грунта перед каждой из консольных балок

отм. и	от нагрузок $\bar{S}_o$ и $\Delta R_o$				$\sigma$ , кПа	от силы $P = 1,0$				$\sigma$ , 1/м
	$\Delta_o^S [E\bar{Y}] L'_y$	$\theta_o^S [E\bar{Y}] N'_y$	$M_o^S T'_y$	$Q_o^S F'_y$		$\Delta_o^P [E\bar{Y}] L'_y$	$\theta_o^P [E\bar{Y}] N'_y$	$M_o^P T'_y$	$Q_o^P F'_y$	
-13,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-15,0	-908,3	+415,2	-35,7	-3,9	+582,7	-1,84	+0,90	-0,10	0	+1,04
-17,0	-1766,2	+1655,1	-285,0	-62,9	+459,0	-3,57	+3,60	-0,78	-0,08	+0,83
-19,0	-2371,7	+3590,9	-947,9	-315,7	+44,4	-4,79	+7,80	-2,61	-0,38	+0,02
-21,0	-1867,1	+5779,3	-2126,5	-971,4	-614,3	-3,77	+12,12	-5,86	-1,17	-1,32
-22,0	-580,3	+5994,6	-2849,8	-1511,6	-1052,9	-1,17	+13,02	-7,85	-1,62	-2,18

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(приложение)

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

Результаты подсчетов реактивного давления грунта перед оторочкой  $\tilde{G}_{z_0}$  приведены в табл. 15.

Таблица 15

Реактивное давление грунта перед оторочкой

Отм. м	$y$ м	$G_z^{e_0}$ кПа	$G_z^P$ 1/м	$R_o G_z^P$ кПа	$\tilde{G}_{z_0}$ кПа
-13,0	0	0	0	0	0
-15,0	2,0	+532,7	+1,04	+414,1	+118,6
-17,0	4,0	+459,0	+0,83	+330,5	+128,5
-19,0	6,0	+44,4	+0,02	+8,0	+36,4
-21,0	8,0	-614,3	-1,32	-525,6	-88,7
-22,0	9,0	-1052,9	-2,18	-868,1	-184,8

Эпюра реактивного давления грунта перед оторочкой приведена на рис. 8.

6.7.3. Дополнительный расчет статически неопределенной балки (оторочки) не проводится, так как ординаты эпюры реактивного давления грунта  $\tilde{G}_{z_0}$  не превышают предельной величины отпора перед оторочкой  $G_{P_0}$  (см.рис. 8).

#### 6.8. Корректировка расчета оторочки

6.8.1. Величина условного пролета оторочки  $\ell_o$  в первом приближении равна 19,9 м (п.2.4 настоящего приложения).

Величина  $\ell_o^P$ , полученная расчетом оторочки, равна 18,9 м (см.рис. 7г).

Условие сходимости выполнено, так как

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$\frac{\ell_o - \ell_o^P}{\ell_o} \cdot 100\% = \frac{19,9 - 18,9}{19,9} \cdot 100\% = 5\% \leq 5\%,$$

Расчет не корректируется.

7. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ОТОРОЧКИ НА НАГРУЗКУ  
ОТ НАВАЛА СУДНА

7.1. Нагрузка от навала судна, воспринимаемая 1 м сооружения по длине,

$$P_c = \frac{C_H}{\gamma} N_y = \frac{1,29 \cdot 10^{-4}}{8,62 \cdot 10^{-4}} \cdot 1000 = 149,6 \text{ кН},$$

где  $C_H$ ,  $\gamma$  определены соответственно в пп.7.2, 7.3 настоящего приложения.

7.2. Перемещение оторочки в месте навала судна от действия единичной нагрузки равной 1 кН

$$C_H = \frac{\lambda^3}{2[\bar{E}\bar{G}]_H} = \frac{13,4^3}{2 \cdot 9,34 \cdot 10^6} = 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

$$\text{где } \lambda = \sqrt[4]{4[\bar{E}\bar{G}]_H \gamma \ell} = \sqrt[4]{4 \cdot 9,34 \cdot 10^6 \cdot 8,62 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0} = \\ = 13,4 \text{ м};$$

$$[\bar{E}\bar{G}]_H = 0,8 \cdot 29,0 \cdot 10^6 \frac{2,2 \cdot 1,3}{12} = 9,34 \cdot 10^6 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

7.3. Перемещение оторочки в месте навала судна без учета распределющего влияния надстройки от действия единичной нагрузки равной 1 кН

$$\gamma = 0,1 n (\lambda + 5 H_P) = 0,1 \frac{10 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^3} (3,6 \cdot 10^{-3} + 0,88 \cdot 10^{-3}) \times$$

ПРИЛОЖЕНИЕ З  
(продолжение)

$$\times 20,4) = 8,62 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

где  $A, B$  - коэффициенты, определяемые в зависимости от обобщенного показателя  $\alpha$

$$\alpha = \frac{E_2 H_p^3}{250 [EY]_o} = \frac{25 \cdot 10^3 \cdot 20,4^3}{250 \cdot 281,7 \cdot 10^4} = 0,301;$$

$$A = 3,6 \cdot 10^{-3}; \quad B = 0,88 \cdot 10^{-3}.$$

Коэффициент 0,1 принимается для перевода физической величины (тс) в систему СИ (кН).

7.4. Дополнительный расчет оторочки на нагрузку от навала судна не проводится, так как

$$P_c \leq 0,5 R_o^H, \quad 149,6 < 0,5 \cdot 398,2,$$

где  $P_c$  определено в п.7.1 настоящего приложения;

$$R_o^H = R_o,$$

где  $R_o$  определено в п.6.6.1 настоящего приложения.

## 8. РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТОРОЧКИ

### 8.1. Нормативное значение усилия в анкере оторочки

$$R_a^H = k_a P_o^H l_a = 1,5 \cdot 398,2 \cdot 1,7 = 1015,4 \text{ кН},$$

где  $k_a = 1,5$ ;

$$l_a = 1,7;$$

$$R_o^H = R_o,$$

где  $R_o$  определено в п.6.6.1 настоящего приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

8.2. Анкерные устройства рассчитываются методами, применяемыми для расчета обычных баллеров, в соответствии с требованиями ВСН 3-80.

Минморфлот

8.3. Нормативное значение максимального изгибающего момента, действующего на элемент оторочки,

$$M_{\text{эл}}^H = m_c M_o^H (D_o + 4) = 0,85 \cdot 1193,2(1,6+0,1) = 1724,2 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

где  $m_c = 0,85$ ;

$$M_o^H = M_o \text{ (см. рис. 7г).}$$

8.4. Расчетные значения изгибающих моментов в элементах оторочки определяются в соответствии с требованиями ВСН 3-80.  
Минморфлот

Трещиностойкость железобетонной оболочки определяется в соответствии с требованиями СНиП II-56-77.

Расчеты показывают, что трещиностойкость элементов оторочки из оболочек  $D_o = 1,6$  и ( $\delta = 15$  мм), армированных  $24\phi 20$ , обеспечивается.

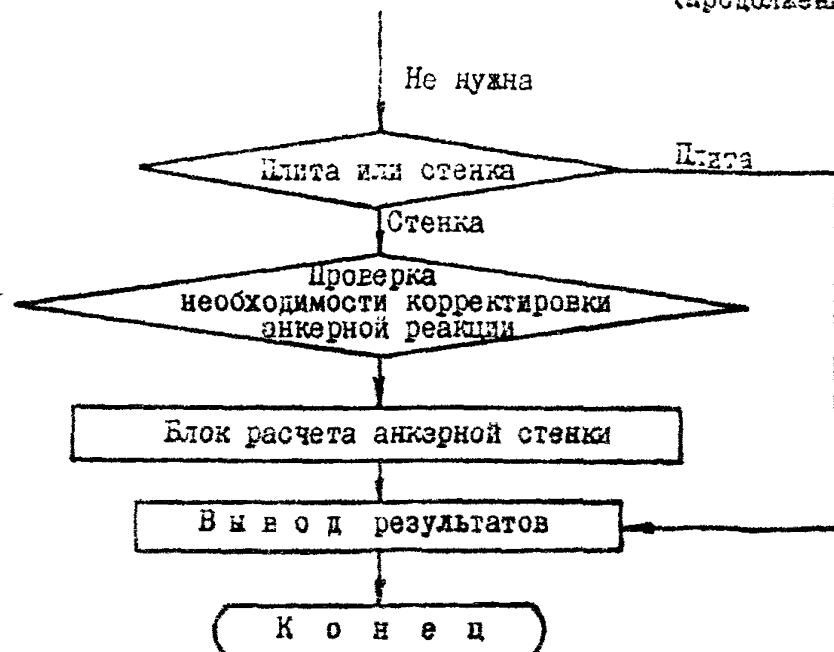
ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ОТОРОЧКИ ПЕРЕД ГРАВИТАЦИОННЫМ СООРУЖЕНИЕМ  
НА ЯЗЫКЕ *PL* ДЛЯ ЭВМ ТИПА ЕС

I. Блок-схема к программе *GROT*



ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)



2. Исходные данные к программе *GROT*

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величины
1	2	3	4
$n_b$	-	NB	число вариантов
$k$	м	K	шаг
$H_0$	м	HB	расстояние от уровня крепления анкера до проектного дна
$h_a$	м	HA	расстояние от отметки кордона до уровня крепления анкера
$t_{min}$	м	TM	минимально допустимая глубина погружения элементов оторочки, определяемая на основании расчета устойчивости по глубинному сдвигу

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

I	2	3	4
$t_o$	м	$TO$	глубина погружения элементов оторочки
$h_c$	м	$HMC$	расстояние от отметки кордона до верха гравитационного сооружения
$H_c$	м	$HCC$	высота гравитационного сооружения
$B_c$	м	$BC$	ширина гравитационного сооружения на уровне его подошвы
$F$	$m^2$	$FC$	площадь сечения подошвы гравитационного сооружения, приведенная к I м длины сооружения
$\omega$	$m^3$	$WC$	момент сопротивления сечения подошвы гравитационного сооружения относительно ее продольной оси, приведенный к I м длины сооружения
$G$	$kN/m$	$QCC$	собственный вес гравитационного сооружения, приведенный к I м его длины
$h_g$	м	$HQ$	плечо равнодействующей $G$ относительно центра тяжести подошвы гравитационного сооружения
$z$	м	$ZD$	расстояние от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения
$n$	c/p	$N$	количество слоев грунта в пределах $h_a + H_o + L_o$ + запас в зоне расположения оторочки
$n_c$	c/p	$NC$	количество слоев грунта в пределах $h_c + H_o$ в зоне прохождения расчетной плоскости гравитационного сооружения
$n_a$	c/p	$NA$	количество слоев грунта в пределах $h_a + H_o$ в зоне расположения анкерной стекки

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

I	2	3	4
$R$	б/р	$R$	количество равномерно распределенных нагрузок, расположенных за расчетной плоскостью гравитационного сооружения
$q_o$	кН	$Q_0$	интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки на причале в пределах расстояния от расчетной плоскости оторочки до лицевой грани гравитационного сооружения
$q_H$	кН	$Q_H$	интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки на причале в пределах ширины гравитационного сооружения на уровне его подошвы
$q$	кН	$Q$	интенсивность временной равномерно распределенной нагрузки, расположенной на причале за анкерной стенкой
$EJ_0$	$\text{kN} \cdot \text{м}^2$	$EJO$	жесткость I м оторочки по длине сооружения
$\gamma_z$	$\text{т}/\text{м}^3$	$GZ$	плотность грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения
$\varphi_z$	град.	$FZ$	угол внутреннего трения грунта засыпки за гравитационным сооружением
$K_z$	$\text{kН}/\text{м}^4$	$KZ$	коэффициент пропорциональности упругих свойств грунта засыпки за гравитационным сооружением, принимаемый как для насыпного грунта
$\delta_z$	$\text{т}/\text{м}^3$	$G_1$	средневзвешенное значение плотности грунта в пределах от уровня крепления анкера до подошвы анкерной плиты
$\gamma_{Pz}$	б/р	$Lpz$	коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта засыпки при $\delta = 333.4$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

I	2	3	4
$h_{an}$ $R_{as}$	м Н/м	$HPL$ $RHF$	высота анкерной стенки ачкерная реакция на I м стенки обычного бульверка, полученная гравианалитическим расчетом или по аналогам, умноженная на С <sub>8</sub> (для расчета анкерной стенки)
$t,$	м	$T_1$	высота наданкерной части анкерной стенки
$n'$	б/п	$N_1$	коэффициент безопасности, принимаемый равным 0,8 (для расчета анкерной стенки)
-	б/п	$PR$	$PR = 1$ для расчета плиты, $PR = 2$ для расчета анкерной стенки
$P$	б/п	$P$	сила, равная единице
$m_g$	б/п	$MD$	дополнительный коэффициент условий работы к устойчивости анкерной стенки
$\Delta$	м	$DD$	перемещение оторочки на уровне крепления анкера (при определении перемещения расчетом ставится (-1), в других случаях его заданная величина в м)
$R$	кН	$x$	расчетное сопротивление материала анкера
$E_{cr}$	кН	$ECT$	модуль упругости материала анкера
	с/п	$KF1$	$KF1 = n_c n m_g ,$ где $n_c$ - коэффициент сочетания нагрузок; $n$ - коэффициент перегрузки; $m_g$ - дополнительный коэффициент условий работы
	б/п	$KF2$	$KF2 = \frac{m}{k_n} ,$ где $m$ - коэффициент условий работы;

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

I	2	3	4
$\bar{\gamma}_{\text{гру}}$	$\text{t/m}^3$	$GZB$	$k_n$ - коэффициент надежности средневзвешенное значение плотности грунта засыпки между стенками в пределах высоты гра- витационного сооружения
$R_{\text{cp}}$	кПа	$RCP$	расчетное давление на грунт основания

Массив характеристик слоев грунта для оторочки, гравитационного  
сооружения в зоне прохождения расчетной плоскости

Обозна- чение	Размер- ность	Иденти- фикатор	Наименование величины
I	2	3	4
$y_i$	м		координата подошвы $i$ -того слоя
$\gamma_i$	$\text{t/m}^3$		плотность грунта $i$ -того слоя
$\varphi_i$	град.		угол внутреннего трения грунта $i$ -того слоя
$C_i$	кПа		сцепление грунта $i$ -того слоя
$\lambda_{a_i}$	б/р		коэффициент горизонтальной сост- авляющей активного давления грунта $i$ -того слоя при $\delta = 0,667\varphi$
$\lambda_{ac_i}$	б/р		коэффициент горизонтальной сост- авляющей активного давления грунта от сил сцепления $i$ -того слоя при $\delta = 0,667\varphi$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

I	2	3	4
$\lambda_{P_i}$	б/р		коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта $z$ - того слоя при $\delta = \varphi$
$\lambda_{Pc_i}$	б/р		коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от сил сцепления $z$ - того слоя при $\delta = \varphi$
$k_z$	Н/м <sup>4</sup>		коэффициент пропорциональности упругих свойств $z$ - того слоя грунта

Массив вертикальных нагрузок, расположенных за расчетной плоскостью гравитационного сооружения

Обозна- чение	Размер- ность	Иденти- фикатор	Наименование величины
I	2	3	4
$g_j$	кГа		интенсивность равномерно распределенной нагрузки, расположенной за расчетной плоскостью гравитационного сооружения, включая нагрузку от грунта засыпки выше отметки верха гравитационного сооружения
$A_j$	м		расстояние от нагрузки $g_j$ до расчетной плоскости гравитационного сооружения
$B_j$	м		полоса нагрузки интенсивностью $g_j$ по ширине причала

## Массив характеристик слоев грунта для анкерной стены

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величины
1	2	3	4
$y_i$	м		координата подошвы $i$ -того слоя
$\gamma_i$	т/м <sup>3</sup>		плотность грунта $i$ -того слоя
$\varphi_i$	град.		угол внутреннего трения грунта $i$ -того слоя
$c_i$	кН		сцепление грунта $i$ -того слоя
$\lambda_{a_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта $i$ -того слоя при $\delta = 0,667\varphi$
$\lambda_{ac_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта от сил сцепления $i$ -того слоя при $\delta = 0,667\varphi$
$\lambda_{p_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта $i$ -того слоя при $\delta = 0,333\varphi$
$\lambda_{pc_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от сил сцепления $i$ -того слоя при $\delta = 0,333\varphi$
$\lambda'_{a_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта $i$ -того слоя при $\delta = 0$
$\lambda'_{p_i}$	б/п		коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта $i$ -того слоя при $\delta = 0$
$k_i$	кН/м <sup>4</sup>		коэффициент пропорциональности упругих свойств $i$ -того слоя грунта

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

3. Бланк исходных данных к программе *GROT*

I набор

Переменная целого типа			
<i>N</i>	<i>NC</i>	<i>NA</i>	<i>R</i>

ПРИМЕЧАНИЕ. При анкерной опоре плиты  $NA = 0$

II набор

Массив характеристик слоев грунта для оторочки

$y_i$				
$\sigma_i$				
$\gamma_i$				
$c_i$				
$\lambda_{ai}$				
$\lambda_{as}$				
$\lambda_{ri}$				
$\lambda_{rs}$				
$k_i$				

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

III набор

Массив характеристик слоев грунта для гравитационного сооружения  
(сона прохождения расчетной плоскости)

$Y_i$				
$\delta_i$				
$\varphi_i$				
$c_i$				
$\rho_{a_i}$				
$\rho_{soc_i}$				

IV набор

Массив вертикальных нагрузок, расположенных за расчетной  
плоскостью гравитационного сооружения

$g_j$			
$A_j$			
$B_j$			

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4 (продолжение)

Y k a d o p

Массив характеристик слоев грунта для анкерной стены

$y_i$				
$\tilde{f}_i$				
$\varphi_i$				
$c_i$				
$\rho_{ai}$				
$\rho_{aci}$				
$\rho_{pi}$				
$\rho_{aci}$				
$\tilde{\rho}_{oi}$				
$\tilde{\rho}_{pi}$				
$k_i$				

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При анкерной опоре плита (*NA=0*) У набор не заполняется.

## VI набор

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

(продолжение)

## У1 набор

Z0	Q0	QH	Q	EJ0	GZ	KZ	FZ	G1

LPZ	HPL	RHT	T1	N1	P	MD	DD	Z

ECT	KFI	KF2	PR*	GZB	RGD	HQ	FC	WC

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. \* число целого типа.

2. Если число не требуется для данного расчета, то его значение принимается равным нулю.
3. При расположении силы  $G(QCC)$  влево от центра тяжести подошвы гравитационного сооружения величина  $h_c(HQ)$  ставится со знаком (-).

На печать выдаётся:

номер варианта;

распечатка исходных данных повариантно;

 $Tp$  - расчетная глубина погружения элементов оторочки, м;

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

*M<sub>П08</sub>* - расчетный суммарный момент сил, поворачивающих оторочку вокруг точки крепления анкера, Н·м/м;

*M<sub>УД</sub>* - расчетный суммарный момент сил, удерживающих оторочку при повороте вокруг точки крепления анкера, Н·м/м;

анкерная реакция на 1 м оторочки по длине сооружения, Н/м;

ординаты эпюры изгибающих моментов на 1 м оторочки по длине сооружения, Н·м/м;

максимальный изгибающий момент в оторочке и его координата;

минимальный изгибающий момент в оторочке и его координата;

длина анкера, м;

перемещение оторочки на уровне крепления анкера, м;

перемещение анкерной плиты или стены, м.

При расчете анкерной стены:

ординаты эпюры изгибающих моментов на 1 м анкерной стены по длине сооружения, Н·м/м;

максимальный изгибающий момент в анкерной стенке и его координата;

полная высота анкерной стены, м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

4. Инструкция по подготовке программы *GROT* к работе.

4.1. Подготовить пакет, состоящий из:

карт управления заданием в соответствии с требованиями языка управления заданиями *OCEC* (Ц 51.804.001 Д2);  
текста программы;  
исходных данных.

4.2. Подготовить исходные данные.

Программа работает с шестью наборами данных согласно бланку исходных данных к программе.

Данные одного набора располагаются одно за другим через запятую с первой позиции на целом числе перфокарт.

Один набор от другого отделяется одним или более пробелов.

При расчете нескольких вариантов каждый вариант готовится самостоятельно.

4.3. Собрать исходные данные.

На первой карте набивается число вариантов в виде  $NB = n_f$ ; затем располагаются варианты расчетов один за другим.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(продолжение)

5. Головная процедура программы *GROT*

```

(SUBRG):
GROT: PROCEDURE OPTIONS(MAIN);
DCL(I,J,NB,(N,R,NA,NC)EXT) BIN FIXED;
GET DATA(NB);
DO J=1 TO NB;
GET LIST(N,NC,NA,R);
BEGIN;
DCL(H0,HC,HCC,Y0) FLOAT(16) EXT DEC1;
DCL AT CHAR(1);
DCL(PR,RP) BIN FIXED EXT;
DCL(Y(9,4),A(3,R),YC(8,NC),YA(11,NA)) FLOAT(16) DEC1;
DCL(K,HA,TM,TO,HMC,HCC,BC,QCC,ZD,HD,Q,EJ0,GZ,KZ,FZ,
    C1,LPZ,HPL,RH1,T1,N1,P,MD,Z,ECT,KF1,KF2,GZB,PGP,HU,FC,
    NC,DD)FLCAT(16) EXT;
ON ERROR GOTO WAY1;
GET LIST(YC,A);
IF NA=0 THEN GET LIST(YA);
GET LIST(K,HA,TM,TO,HMC,HCC,BC,QCC,ZD,HD,Q,
    EJ0,GZ,KZ,FZ,C1,LPZ,HPL,RH1,T1,N1,P,MD,Z,
    ECT,KF1,KF2,PR,GZB,PGP,HU,FC,NC) EXT;
BEG:
/* ПРОЦЕДУРА ВЪВОДА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ */
CALL OUTP;
DCL(IP,PGP,(TP0,LO,U,TP) EXT) FLOAT(16) DEC1;
RP=1;
CALL FINTCR(A,Y,YC);
IF PR=1 THEN
PUT EDIT('ПАМЯТЬ') (SKIP, COL(140)) A, SKIP1;
ELSE DO; IF PR=2 THEN
PUT EDIT('СТЕНКА') (SKIP, COL(140)) A, SKIP1;
END;
IF PR=1 THEN DO;
GCP=(GZ*HA+.5*G1*HPL)/(HA+.5*HPL);
U=GCP*LPZ*.5/KZ;
LC=(HA+.5*HPL)*S3RT(LPZ); GOTO M1;END;
OLT:
IF PR=2 THEN DO;CALL STN(YA);
IF RP=0 THEN DO;
PUT EDIT('ПРОВЕРЬ ИСХОДНЕЕ ДАНН. ДЛЯ АНКЕРНОЙ СТЕНКИ') (SKIP, A);
PUT DATA(RH1);GOTO WAY1;END;
END;M1:
CALL MUMGR(A,Y,YC,OUT,NA);
WAY:
/* ПРОЦЕДУРА ВЪВОДА РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА */
    CALL OUTP;
IF PR=2 THEN CALL AHG;
GET LIST(AT);IF AT='H' THEN GOTO WAY1;
J=J+1;
GET DATA;GOTO BEG;END;WAY1: ENDEND GROT;

```

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
справочное

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАИМСТВОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
ДОКУМЕНТОВ, НА КОТОРЫЕ МЕСЯТСЯ ССЫЛКИ В РД

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| СНиП II-15-74                        | Основания зданий и сооружений.  |
| СНиП II-51-74                        | Гидротехнические сооружения морские.  |
|                                      | Основные положения проектирования.  |
| СНиП II-21-75                        | Бетонные и железобетонные конструкции.  |
| СНиП II-56-77                        | Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.                                      |
| <u>ВСН 3-80</u><br><u>Минморфлот</u> | Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.   |
| РД 31.3012-77                        | Руководство по расчету оснований причальных сооружений распорного типа на слабых грунтах по деформации. |
| РД 31.31.02-79                       | Указания по проектированию глубоководных оторочек перед существующими сооружениями свайного типа.       |

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	I
2. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ . . . . .	2
2.1. Общие указания . . . . .	2
2.2. Указания по определению давления грунта . . . . .	II
2.3. Указания по определению нагрузок на существующее гравитационное сооружение. . . . .	13
2.4. Указания по расчету оторочки . . . . .	21
2.5. Указания по расчету анкерных устройств, конструктивных элементов оторочки . . . . .	26
3. УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ . . . . .	27
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Корректировка условного пролета оторочки по данным расчетов первого приближения (обязательное) . . . . .	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вычисление ординат эпюры горизонтальной составляющей давления грунта от треугольной вертикальной нагрузки и равномерно распределенной горизонтальной нагрузки (рекомендуемое) . . . . .	33
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример расчета (справочное). . . . .	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Программа расчета оторочки (справочное). .	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Перечень заимствованных нормативно-технических документов, на которые имеются ссылки в РД (справочное) . . . . .	100

ЛМНИИП з.270 т.120 10.08.83.