

**ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
**820—04—28.87**

**ПЛОТИНЫ ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ ВЫСОТОЙ ДО 15 м**  
**С КРЕПЛЕННЫМ ВЕРХОВЫМ ОТКОСОМ**  
**(СЕКЦИИ)**

**АЛЬБОМ I**  
**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**ЧАСТЬ II**

КФ ЦУПН ИВ. № 2283/2

# ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 820—04—28.87

ПЛОТИНЫ ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ ВЫСОТОЙ ДО 15 м  
С КРЕПЛЕННЫМ ВЕРХОВЫМ ОТКОСОМ  
(СЕКЦИИ)

АЛЬБОМ I. ЧАСТЬ II

СОСТАВ ПРОЕКТА:

Альбом I Пояснительная записка  
Альбом II Чертежи  
Альбом III Сметы

Разработаны  
институтом «Ленгипроводхоз»  
Главнечерноземводстроя  
Минводхоза СССР

Утверждены Минводхозом СССР  
Протокол №542 от 04.06.1987 г.

Главный инженер института

В. Н. Кузнецов

Главный инженер проекта

Г. М. Позднова

② Коп. чертеж составлен севр 1988г

Кф 4417 чнв. №2283/2

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЯ:	Стр.	Стр.
1. Условные буквенные обозначения	3	
2. Справочные данные	4	
3. Графики для назначения коэффициентов верховых откосов плотин	7	
4. Графики для назначения коэффициентов низовых откосов плотин	9	
5. Схемы для определения действующих градиентов в основании, теле плотины и ее противофильтрационных элементах	II	
6. Фильтрационные характеристики плотин (действующие градиенты, фильтрационные расходы) и конструктивные размеры дренажных устройств	IЗ	
7. Методика расчетов местной (нормальной) фильтрационной прочности грунта тела плотины и грунта основания	I9	
8. Примеры расчета местной (нормальной) фильтрационной прочности плотин	24	
9. Методика расчета фильтрации для плотины из одного вида грунта, расположенной на сильноводопроницаемом основании	30	
10. Методика расчета динамической устойчивости мелкого песка под плитами крепления верхового откоса при воздействии ветровых волн	3I	
II. Методика определения максимальных изгибающих моментов в плите крепления верхового откоса от воздействия примерзшего льда	39	
12. Характеристики грунтов тела и основания плотины, необходимые для составления проекта плотины	40	
13. Методика исследований карьерного глинистого грунта, проводимых с целью определения проектной плотности грунта тела плотины	4I	
		14. Пределы применения типовых материалов для проектирования при расположении проектируемой плотины на водонасыщенном глинистом основании
		15. Методика проектирования зернового состава обратных фильтров для дренажей
		16. Примеры проектирования зернового состава грунта I слоя фильтра для дренажей
		17. Методика проектирования зернового состава обратных фильтров под крепление верхового откоса плотин
		18. Примеры проектирования зернового состава обратных фильтров под крепление верхового откоса плотин
		19. Конструкции сопряжения плотин с основанием
		20. Конструкции сопряжения плотин с берегом
		2I. Объемы земляных работ на секции плотины 100 м
		22. Схемы производства работ
		23. Биологическая характеристика основных видов трав, применяемых в травосмеси для крепления низовых откосов
		24. Примеры проектирования плотин в различных инженерно-геологических условиях
		25. Пример составления проекта плотины с использованием типовых материалов для проектирования

ПРИЛОЖЕНИЕ I

УСЛОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

НПУ	- нормальный подпорный уровень воды в водохранилище	$h_{np}; b_{np1}$	- высота и ширина по верху упорной призмы верхового откоса
ФПУ	- форсированный уровень воды в водохранилище	$h_{np2}; b_{np2}$	- высота и ширина по верху упорной призмы низового откоса
ПУ при $Q_{5\%}$	- подпорный уровень воды в водохранилище, соответствующий пропуску максимального расхода воды 5 % вероятности превышения	$d_f$	- расчетная глубина сезонного промерзания грунта
		$\rho_b$	- плотность воды
		$P_a$	- атмосферное давление
УМО	- уровень мертвого объема	$\gamma_{u,max}$	- коэффициент порового давления
УНБ	- уровень нижнего бьефа	$v_w$	- скорость ветра на высоте 10 м над уровнем водоема
$H_{пл}$	- высота плотины	$h_{1\%}$	- расчетная высота волны
$H_H$	- расчетный напор на плотину при НПУ или при более высоком подпорном уровне, соответствующем пропуску расхода воды 5 % вероятности превышения	$\lambda$	- расчетная длина волны
		$h_{min 1\%}$	- высота наката волны
$H_{max}$	- максимальный напор на плотину при ФПУ	$\Delta h_{set}$	- высота ветрового нагона воды
$h_{н.б.}$	- глубина воды в нижнем бьефе плотины	$\Delta H$	- возвышение гребня плотины над НПУ
$m_1$	- коэффициент верхового откоса плотины	$L$	- длина разгона волны в водохранилище
$m_2$	- коэффициент низового откоса плотины	$C$	- толщина растительного слоя, снимаемого в основании плотины
$b_{пл}$	- ширина гребня плотины	$\eta_{\phi}; \eta_{г}$	- коэффициенты разнородности обратного фильтра и грунта основания
$\varphi_T; c_T$	- угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта тела плотины	$t_{\phi}$	- толщина обратного фильтра
$\varphi_0; c_0$	- угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта основания плотины	$D_{85}; D_{60}; D_{10}; d_{60}; d_{10}$	- размеры частиц грунта обратного фильтра (D) и основания (d), меньше которых содержится 85, 60, 10 % частиц по массе
$K_{л}, K_{о}, K_{в}, K_{э}, K_{н}$	- коэффициенты фильтрации соответственно: тела плотины, основания плотины, водоупора, экрана, ядра	$D_{вa1}$	- расчетный размер (диаметр) камня в каменной наброске
$e$	- коэффициент пористости грунта	$T$	- глубина залегания водоупора
$e_{in}$	- коэффициент пористости грунта до приложения нагрузки (начальный коэффициент пористости)	$l_{др}$	- расстояние от подошвы низового откоса до начала трубчатого или тупячного дренажа
$a_{max}$	- максимальный коэффициент уплотнения грунта	$h_{г.б}$	- высота дренажного банкета
$c_{v,min}$	- коэффициент консолидации (наименьшее значение)	$q_1$	- фильтрационный расход через плотину и ее основание на I м длины плотины (м <sup>3</sup> /с)
$w$	- влажность грунта в естественном состоянии	$q_{г}$	- относительный фильтрационный расход ( $q_{г} = \frac{q}{K_T}$ или $q_{г} = \frac{q}{K_0}$ , м)
$w_L$	- влажность грунта на границе текучести	$q_{г}$	- удельный фильтрационный расход (м <sup>2</sup> /с)
$w_p$	- влажность грунта на границе раскатывания	$J_d$	- средний действующий градиент фильтрационного напора
$w_{max}$	- максимальная молекулярная влагоемкость	$J_{d,max}$	- максимальный действующий градиент фильтрационного напора
$S_{r,ln}$	- степень влажности грунта основания и тела плотины	$J_{кр}$	- критический градиент фильтрационного напора
$I_p$	- число пластичности		
$I_L$	- показатель текучести		
$\rho$	- плотность грунта		
$\rho_d$	- плотность сухого грунта (проектная)		
$\rho_s$	- плотность частиц грунта		
$D$	- показатель плотности грунта		

2283/2

Имя, Подпись и дата Взам. инв. №

Альбом I, ч. II  
820-04-28.87

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2

А. Классификация грунтов по числу пластичности и механическому составу

1. Числом пластичности грунта  $I_p$  называется разность влажностей, выраженных в процентах, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести  $w_L$  и на границе раскатывания (пластичности)  $w_p$ .

Чем больше число пластичности, тем пластичнее грунт, т.е. тем больше его способность изменять свою форму под действием внешних сил без разрыва сплошности и сохранять полученную форму после удаления этих сил. Грунты в зависимости от числа пластичности подразделяются на виды согласно табл.1.

Таблица 1

Наименование грунта	Число пластичности в %
Глина	$I_p > 17$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Супесь	$I \leq I_p \leq 7$

2. Отнесение грунта к тому или иному его виду в зависимости от зернового состава производится по данным, приведенным в табл.2 и 3.

Наименование грунта	Содержание частиц в % по массе			
	глинистых $\leq 0,005$ мм	пылеватых $0,005-0,05$ мм	песчаных $0,05-2$ мм	гравелистых $2-20$ мм
Глина тяжелая	} > 60	-	больше, чем пылеватых	} $\leq 10$
Глина тяжелая пылеватая		больше, чем песчаных		
Глина	} 30-60	-	больше, чем пылеватых	
Глина пылеватая		больше, чем песчаных	-	
Суглинок тяжелый	} 20-30	-	больше, чем пылеватых	
Суглинок тяжелый пылеватый		больше, чем песчаных	-	
Суглинок средний	} 15-20	-	больше, чем пылеватых	
Суглинок средний пылеватый		больше, чем песчаных	-	
Суглинок легкий	} 10-15	-	больше, чем пылеватых	
Суглинок легкий пылеватый		больше, чем песчаных	-	
Супесь тяжелая пылеватая	} 6-10	-	больше, чем пылеватых	
Супесь тяжелая		больше, чем песчаных	-	
Супесь легкая	} 3-6	-	больше, чем пылеватых	
Супесь легкая пылеватая		больше, чем песчаных	-	

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

65

Таблица 3

Наименование грунта	Содержание частиц в % по весу, P					
	>10 мм	10-2мм	2-0,5мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	<0,1 мм
<b>А. Крупнообломочные</b>						
Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц-щебенчатый)	P > 50	-	-	-	-	-
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц-дресвяный)	P > 50		-	-	-	-
<b>Б. Песчаные</b>						
Песок гравелистый	25 < P < 50		-	-	-	-
Песок крупный	P > 50			-	-	-
Песок средней крупности	P > 50				P < 50	
Песок мелкий		P > 75				-
Песок пылеватый		P < 75				-

ПРИМЕЧАНИЕ. Наименование грунта принимается по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в табл.3.

#### Б. Консистенция грунта

Состояние глинистого грунта нарушенной структуры в зависимости от содержания в нем воды характеризуется различными показателями текучести.

Показатель текучести глинистых грунтов  $J_L$  определяется по формуле:

$$J_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$$

Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести  $J_L$  приведены в табл.4.

Таблица 4

Наименование глинистых грунтов по показателю текучести	Показатель текучести
<b>СУПЕСИ</b>	
Твердые	$J_L < 0$
Пластичные	$0 \leq J_L < 1$
Текучие	$J_L > 1$
<b>СУГЛИНКИ И ГЛИНЫ</b>	
Твердые	$J_L < 0$
Полутвердые	$0 \leq J_L \leq 0,25$
Тугопластичные	$0,25 < J_L \leq 0,50$
Мягкопластичные	$0,50 < J_L \leq 0,75$
Текучепластичные	$0,75 < J_L \leq 1$
Текучие	$J_L > 1$

#### В. Плотность грунтов

1. Плотность частиц песчаных и глинистых грунтов, не содержащих растительных остатков, водорастворимых и углекислых солей, может быть принята по табл.5.

Таблица 5

Грунт	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,66	2,70	2,71	2,74

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист  
66

2. Песчаные грунты по плотности их сложения разделяются на плотные, средней плотности и рыхлые в зависимости от величины коэффициентов пористости  $e$ , приведенных в табл.6.

Таблица 6

Наименование грунта	Плотность песчаных грунтов		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Пески мелкие	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пески пылеватые	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Поскольку плотность песчаных грунтов в большой степени зависит от формы частиц, оценку плотности, в ряде случаев, производят по величине показателя плотности  $D$ , определяемого по формуле:

$$D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} = \frac{\rho_{d,max} \cdot (\rho_0 - \rho_{d,min})}{\rho_0 \cdot (\rho_{d,max} - \rho_{d,min})},$$

где  $e_{min}$  и  $\rho_{d,max}$  - коэффициент пористости и плотность сухого грунта в максимально плотном состоянии;

$e_{max}$  и  $\rho_{d,min}$  - то же, в максимально рыхлом состоянии;

$e$  и  $\rho_0$  - то же, в естественном состоянии или в теле плотины.

В зависимости от показателя плотности песчаные грунты разделяются следующим образом:

- $0 < D < 0,33$  - рыхлые  
 $0,33 < D < 0,66$  - средней плотности  
 $0,66 < D < 1$  - плотные

#### Д. Коэффициенты фильтрации

При отсутствии лабораторных данных ориентировочно коэффициенты фильтрации грунтов могут быть приняты по данным табл.7.

Таблица 7

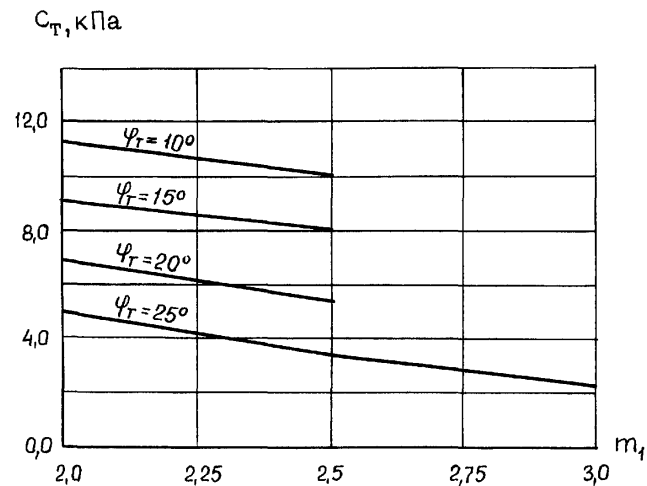
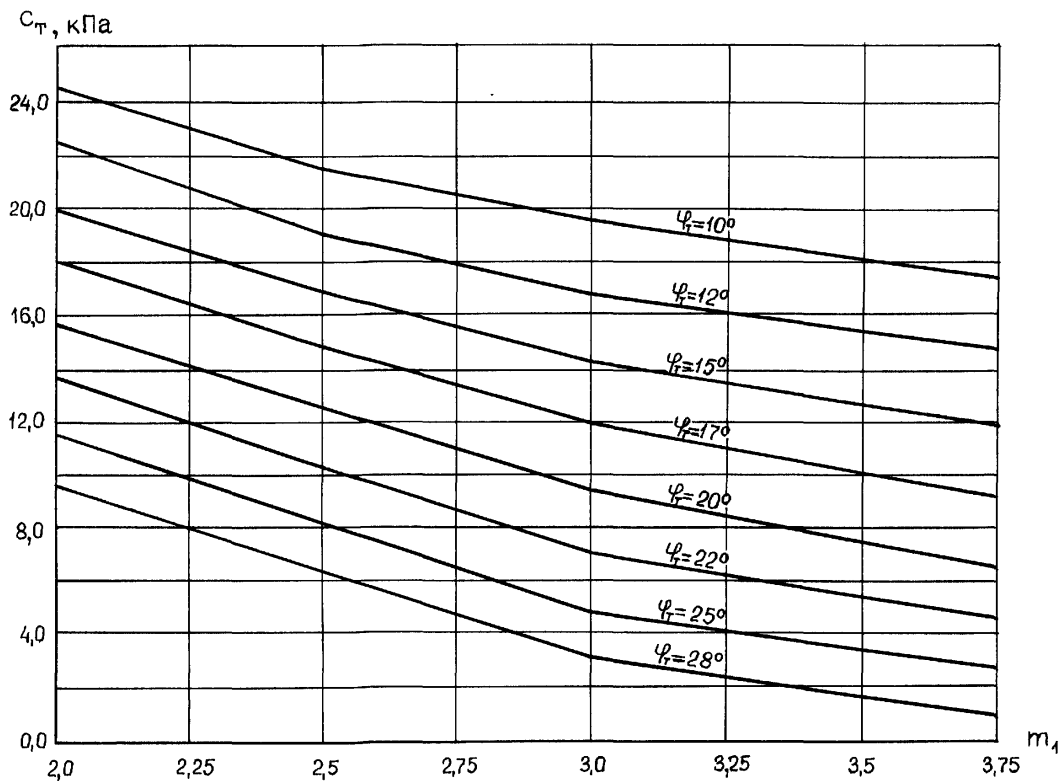
Вид грунта	Коэффициент фильтрации в см/с
Песок крупный	$10^{-2} \dots 10^{-1}$
Песок мелкий	$10^{-4} \dots 10^{-2}$
Песок пылеватый	$10^{-5} \dots 10^{-3}$
Супесь	$10^{-6} \dots 10^{-3}$
Суглинок	$10^{-7} \dots 10^{-5}$
Глина	менее $10^{-7}$

ГРАФИКИ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕРХОВЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

1.  $H_{ПЛ.} = 10 \text{ м}; H_H = 8 \text{ м}; H_{max} = 9 \text{ м}.$

2.  $H_{ПЛ.} = 5 \text{ м}; H_H = 3,5 \text{ м}; H_{max} = 4,0 \text{ м}.$

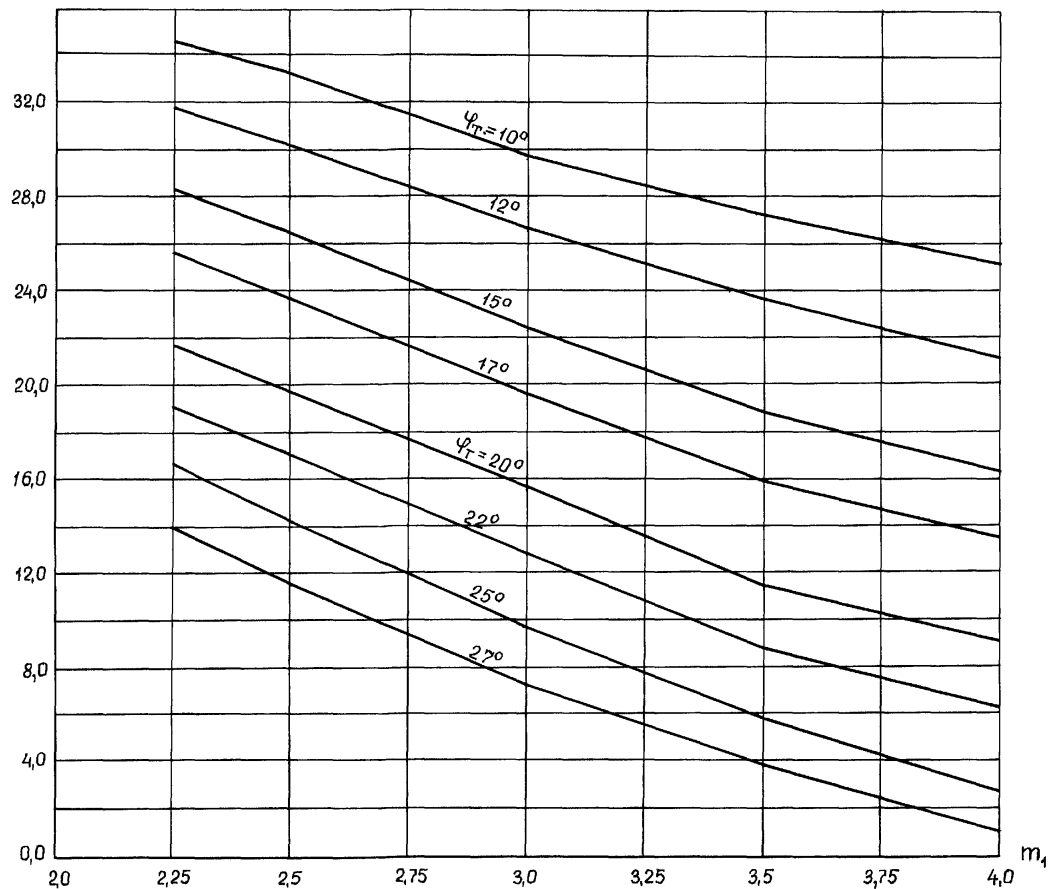


Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №



3.  $H_{пл.} = 15$  м;  $H_H = 13$  м;  $H_{max} = 14$  м.

$C_T$ , кПа



ПРИМЕЧАНИЯ:

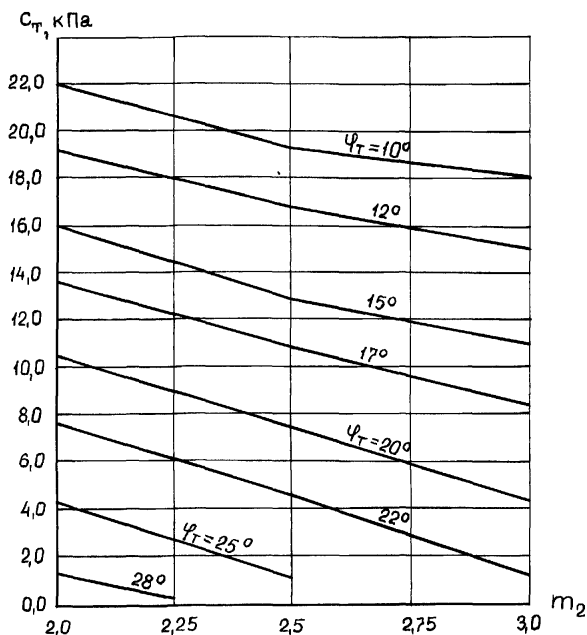
1. Графики составлены применительно к плотинам из одного вида грунта, при характеристиках грунта основания  $\phi_0$  и  $C_0$  тех же, что грунта тела плотины:  $\phi_0 = \phi_T$ ,  $C_0 = C_T$ .
2. Расчеты общей устойчивости верхового откоса плотины произведены по методу Терцаги-ВНИИГ для круглоцилиндрических поверхностей сдвига.
3. Коэффициенты откосов определены для наиболее неблагоприятного случая работы: относительно быстрого снижения уровня воды в водохранилище от НПУ. При этом фильтрационные силы учитывались при положении депрессионной кривой в теле плотины, соответствующем НПУ.
4. Коэффициент устойчивости откосов принят  $K_S = 1,16$ .
5. Графики неприменимы для плотин, тело которых сложено из грунтов с коэффициентом фильтрации более  $10^{-4}$  см/с.
6. В расчетах устойчивости приняты расчетные значения плотности грунта: естественной влажности -  $\rho_0 = 1,8$  т/м<sup>3</sup>; насыщенного водой -  $\rho_{Sat} = 2,0$  т/м<sup>3</sup>; взвешенного -  $\rho_i = 1,0$  т/м<sup>3</sup>.
7. Расчеты устойчивости откосов выполнены по программе, разработанной ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева /шифр программы - "GALOSH" /, с помощью ЭВМ "ЕС-1030".

## ГРАФИКИ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ НИЗОВЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

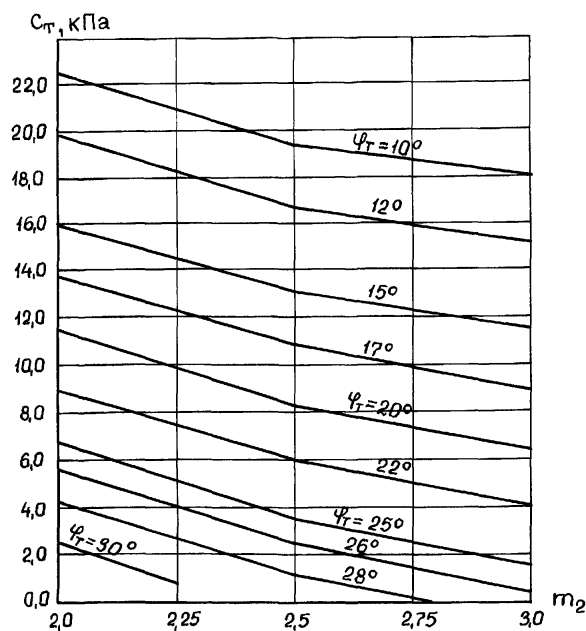
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

I.  $H_{пл.} = 10$  м;  $H_H = 8$  м;  $H_{мах} = 9$  м.

а) При трубчатом и тифлячном дренаже



б) При наклонном дренаже



## ПРИМЕЧАНИЯ:

- Графики составлены применительно к плотинам из одного вида грунта, при характеристиках грунта основания  $\varphi_0$  и  $c_0$  тех же, что грунта тела плотин:  $\varphi_0 = \varphi_t$ ,  $c_0 = c_t$
- Расчеты общей устойчивости низового откоса плотины произведены по методу Терцаги-ВНИИГ для круглоцилиндрических поверхностей сдвига.

Расчетные случаи:

- основной: в верхнем бьефе - НПУ; расчетный напор на плотину -  $H_H$ ; в теле плотины - установившаяся фильтрация; в нижнем бьефе глубина воды - в пределах от 0 до 0,2 Н пл; коэффициент устойчивости равен  $K_S = 1,16$ ;
- особый: в верхнем бьефе - ФЛУ; расчетный напор на плотину -  $H_{мах}$ ; в теле плотины - установившаяся фильтрация;

в нижнем бьефе глубина воды - 0,2 Нпл; коэффициент устойчивости равен  $K_S = 1,05$ .

- При расчете устойчивости низовых откосов плотин по основному расчетному случаю глубина воды в нижнем бьефе принималась: при трубчатом или тифлячном дренаже  $h_{н.б.} = 0$ ; при наклонном дренаже -  $h_{н.б.} = 0,2$  Н пл.
- В расчетах устойчивости приняты расчетные значения плотности грунта: естественной влажности -  $S_0 = 1,8$  т/м<sup>3</sup>; насыщенного водой -  $S_{sat} = 2,0$  т/м<sup>3</sup>; взвешенного -  $S_s = 1,0$  т/м<sup>3</sup>.
- Расчеты устойчивости откосов выполнены по программе, разработанной ВНИИГ им.Веденева Б.Е. (шифр программы "GALOSH"), с помощью ЭВМ "ЕС-1030".

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

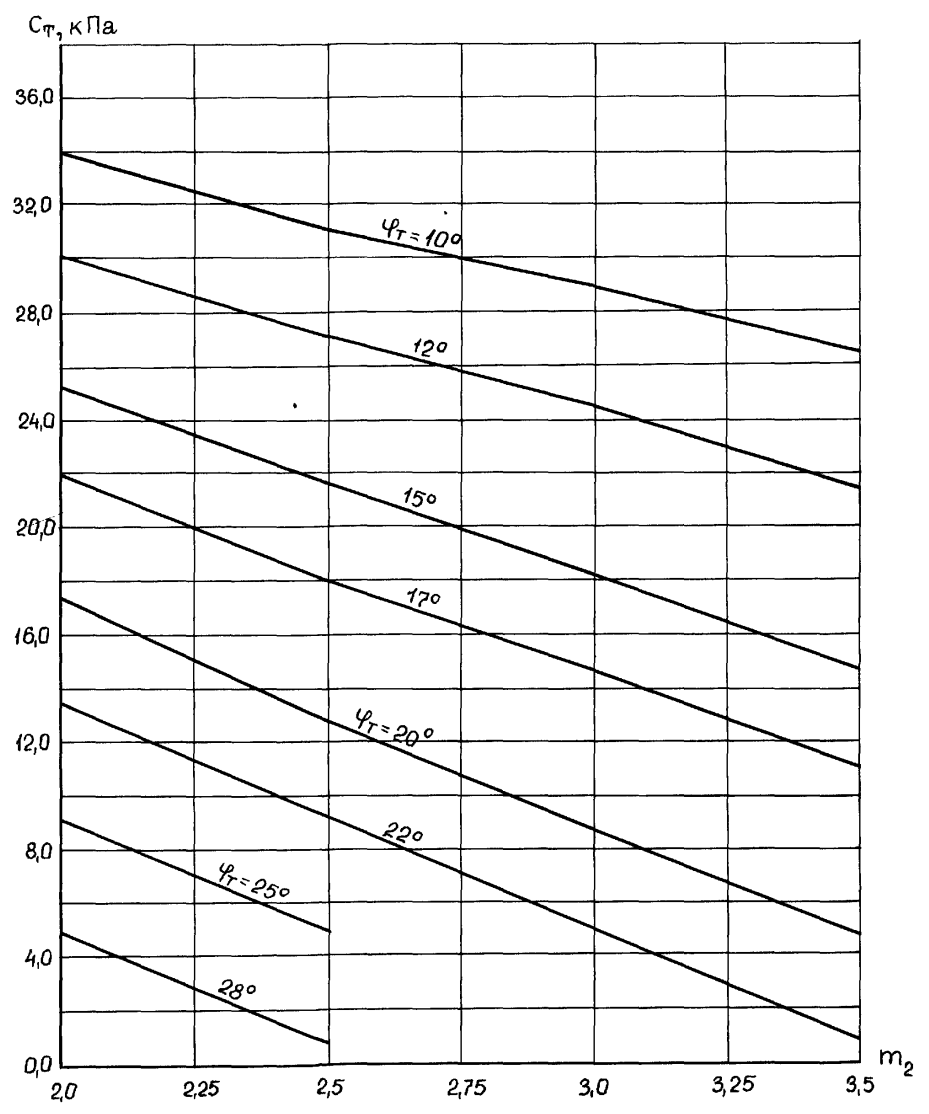
70

2.  $H_{пл.} = 15 \text{ м}; H_H = 13 \text{ м}; H_{max} = 14 \text{ м}.$

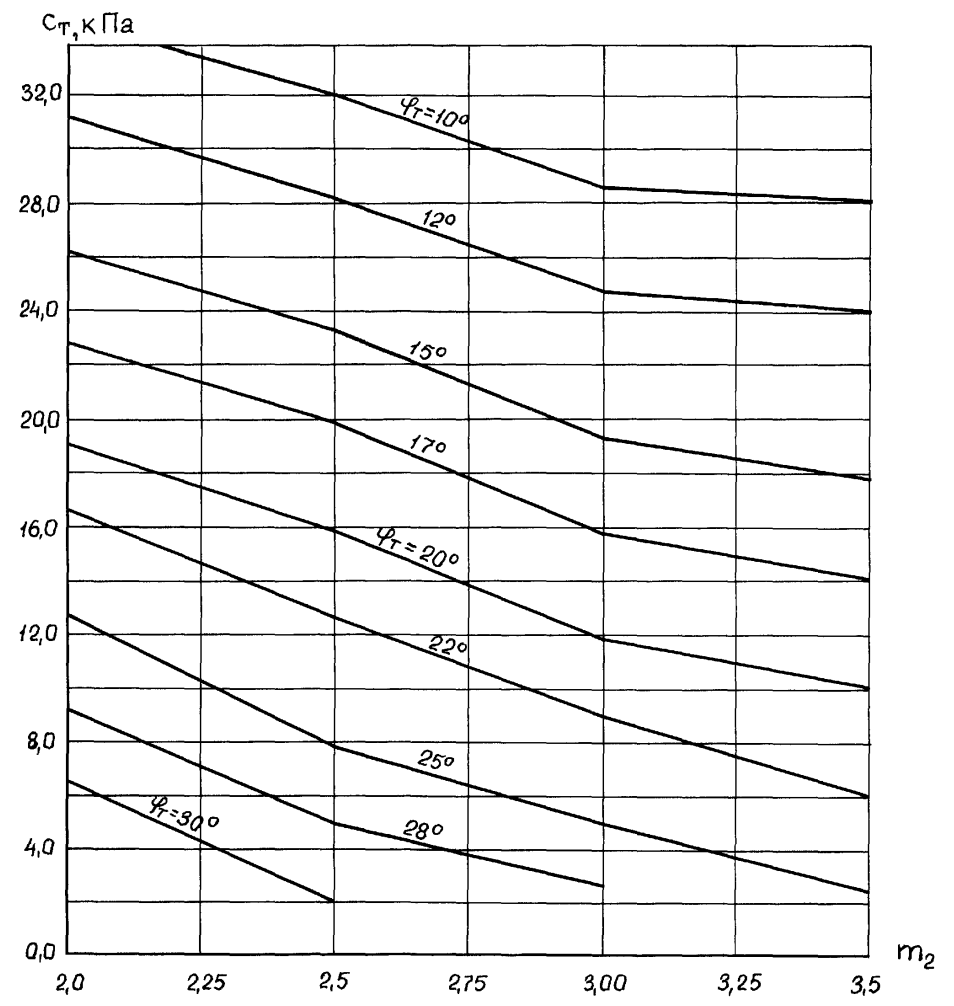
Альбом 1, ч. II

820-04-28.87

а) при трубчатом и туюичном дренаже.



б) при наклонном дренаже

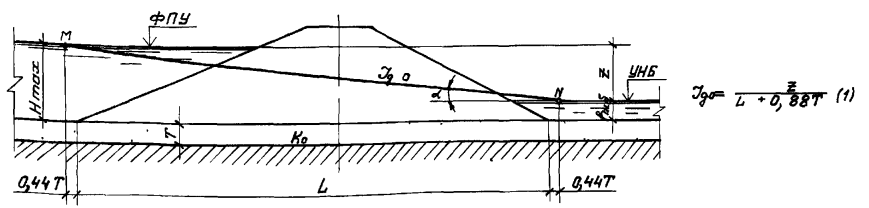


Инв. №подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

СХЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГРАДИЕНТОВ В ОСНОВАНИИ, ТЕЛЕ ПЛОТИНЫ И ЕЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

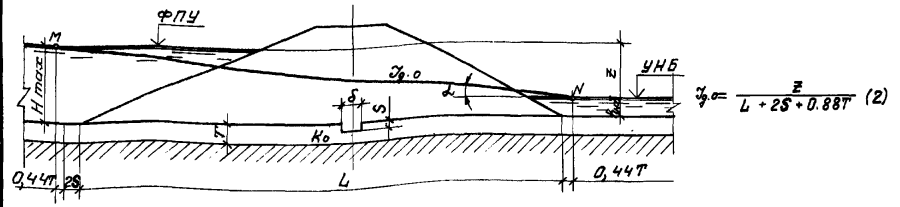
Альбом I, ч. II  
820-04-28.87

1. Однородное основание; плотина без зуба



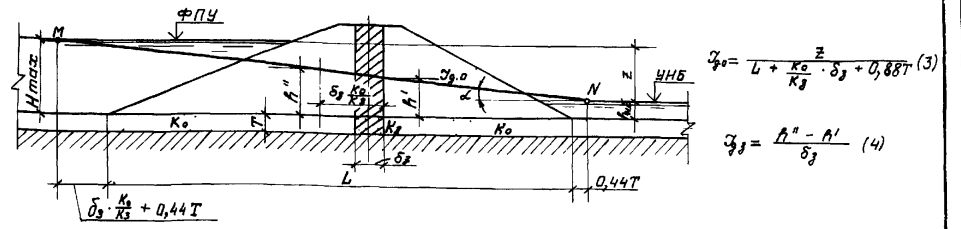
$$i_{g0} = \frac{Z}{L + 0,88T} \quad (1)$$

2. Однородное основание; плотина с висячим зубом



$$i_{g0} = \frac{Z}{L + 2\delta + 0,88T} \quad (2)$$

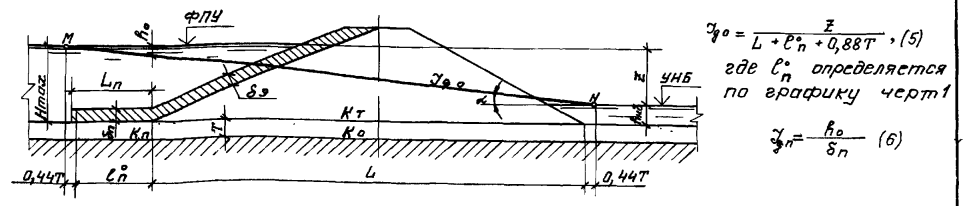
3. Однородное основание; плотина с ядром и маловодопроницаемым зубом, доходящим до водоупора



$$i_{g0} = \frac{Z}{L + \frac{K_0}{K_g} \cdot \delta + 0,88T} \quad (3)$$

$$i_{g3} = \frac{A'' - A'}{\delta_3} \quad (4)$$

4. Однородное основание; плотина имеет понур

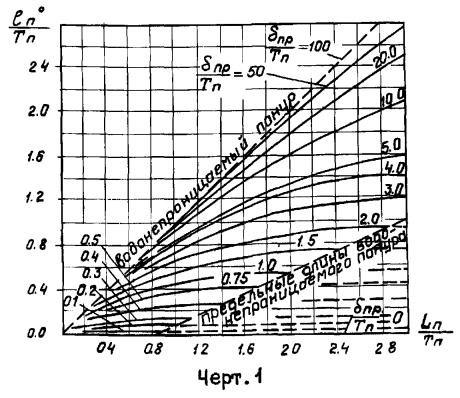


$$i_{g0} = \frac{Z}{L + L_n + 0,88T} \quad (5)$$

где  $L_n$  определяется по графику черт. 1

$$i_{gn} = \frac{h_0}{\delta_n} \quad (6)$$

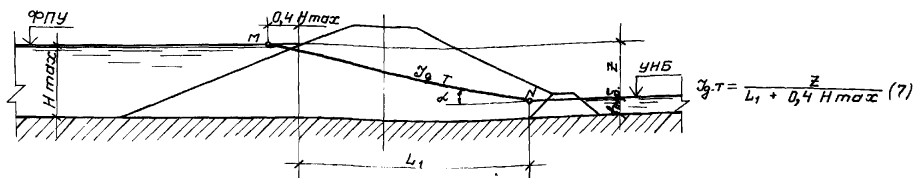
График Р.Р.Чугаева для определения  $L_n$  - длины укороченного эквивалентного (водонепроницаемого) понура



Условные обозначения:  
 $i_{g0}, i_{g3}, i_{gn}, i_{gt}, i_{ga}$  и  $i_{gz}$  - действующие градиенты, соответственно: основания, зуба, понура, тела, ядра и экрана плотины.  
 $L_n, \delta_n$  - соответственно, длина и толщина действительного водонепроницаемого понура.  
 $T_{II}$  - действительное заглубление водоупора под подошвой понура, но не больше величины  $T_{расч.} = 0,5(L_n + L)$ , где  $L$  - ширина плотины по низу.  $\delta_{пр} = \delta_n \frac{K_0}{K_a}$ .

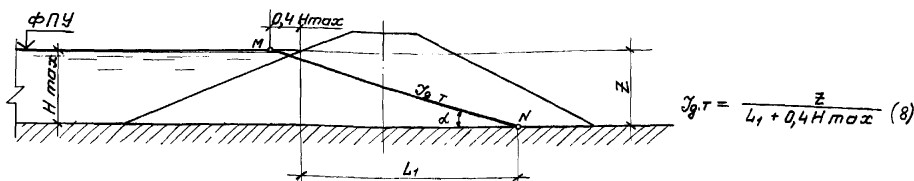
Инв.№подл. Подпись и дата Взам.инв.№

5. Однородное тело плотины; дренажный банкет



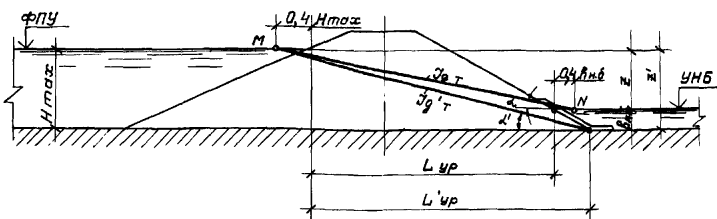
$$J_{g,т} = \frac{z}{L_1 + 0,4H_{max}} \quad (7)$$

6. Однородное тело плотины; дренаж трубчатый



$$J_{g,т} = \frac{z}{L_1 + 0,4H_{max}} \quad (8)$$

7. Однородное тело плотины; дренаж наклонный или без дренажа



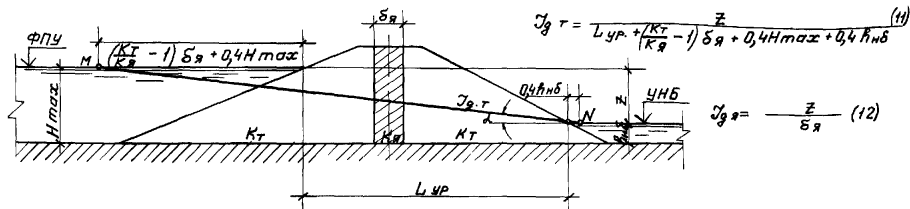
а) при  $h_{н.б.} > 0$

$$J_{g,т} = \frac{z}{L_{чр} + 0,4H_{max} + 0,4h_{н.б.}} \quad (9)$$

б) при  $h_{н.б.} = 0$

$$J_{g,т} = \frac{z'}{L_{чр} + 0,4H_{max}} \quad (10)$$

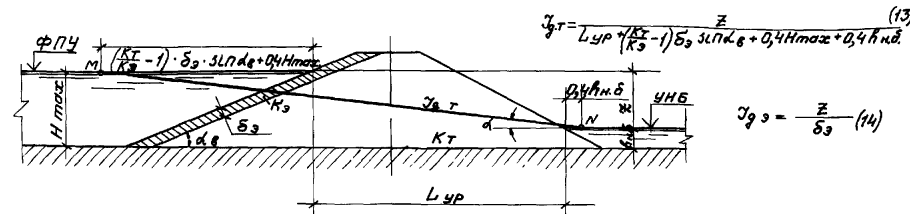
8. Тело плотины с ядром



$$J_{g,т} = \frac{z}{L_{чр} + \frac{K_t}{K_y - 1} \delta_y + 0,4H_{max} + 0,4h_{н.б.}} \quad (11)$$

$$J_{g,я} = \frac{z}{\delta_y} \quad (12)$$

9. Тело плотины с экраном



$$J_{g,т} = \frac{z}{L_{чр} + \frac{K_t}{K_э - 1} \delta_э \cdot 3,17 \cdot k_э + 0,4H_{max} + 0,4h_{н.б.}} \quad (13)$$

$$J_{g,э} = \frac{z}{\delta_э} \quad (14)$$

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. При определении  $J_{g,я}$  (схемы 1-4) и  $J_{g,т}$  для плотин с ядром и экраном (схемы 8 и 9) при наличии дренажного банкета или трубчатого дренажа положение точки  $N'$  принимается как в схемах 5 и 6. Соответственно уточняются формулы I-5, II и I3.
2. Действующий градиент в теле плотины определяется без учета крупнозернистого защитного слоя на верхнем откосе.
3. В схеме 3 " $K_т$ " принимается по наибольшему значению коэффициента фильтрации для тела и основания плотины.
4. Значения  $J_{g,я}$  (по формуле I2) и  $J_{g,э}$  (по формуле I4) определяются с запасом. Они могут быть уточнены путем построения кривой депрессии с использованием более точных методов расчета.
5. Схемы составлены в соответствии с "Руководством по расчетам фильтрационной прочности напорных грунтовых сооружений ГАЭС III 93-81", Л, 1981 г.

ВНИИГ

2283/2

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОТИН (ДЕЙСТВУЮЩИЕ ГРАДИЕНТЫ, ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ) И КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ.

I. Плотины однородные, располагаемые на водоупоре.

Таблица I

H <sub>пл.</sub> м	H <sub>н</sub> (H <sub>макс</sub> ) м	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	h <sub>н.д.</sub> м	Трубчатый дренаж		Дренажный банкет		Наслонный дренаж							
					l <sub>др.</sub> м	q <sub>2</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	h <sub>г.д.</sub> м	q <sub>2</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	для плотин из глинистых грунтов		для плотин из песчаных грунтов					
									K <sub>T</sub> < 10 <sup>-3</sup> см/с	K <sub>T</sub> ≥ 10 <sup>-3</sup> см/с	K <sub>T</sub> < 10 <sup>-3</sup> см/с	K <sub>T</sub> ≥ 10 <sup>-3</sup> см/с				
h <sub>н.др.</sub> м	q <sub>0</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	h <sub>н.др.</sub> м	q <sub>2</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	м	м	м	м									
5,0	3,5 (4,0)	2,0	2,0	0	6,0	0,58	1,9	0,58	1,2	0,43	1,6	0,57				
				0,7	-	-	2,4	0,62	1,5	0,43	1,9	0,57				
		3,0	2,0	2,5	2,0	0	6,0	0,55	1,9	0,55	1,2	0,42	1,6	0,55		
						0,7	-	-	2,4	0,58	1,5	0,42	1,9	0,55		
				3,0	2,0	2,5	2,0	0	6,0	0,52	1,9	0,53	1,2	0,41	1,6	0,54
								0,7	-	-	2,4	0,55	1,5	0,41	1,9	0,54
10,0	8,0 (9,0)	2,5	2,0	0	7,5	1,43	2,5	1,43	3,1	1,20	4,3	1,64				
				1,6	-	-	3,3	1,47	3,4	1,20	4,4	1,6				
		3,0	2,25	3,0	2,25	0	8,5	1,29	2,5	1,27	3,1	1,10	4,3	1,49		
						1,6	-	-	3,5	1,34	3,4	1,10	4,4	1,46		
				3,5	2,25	3,0	2,25	0	8,5	1,24	2,5	1,23	3,1	1,00	4,3	1,47
								1,6	-	-	3,5	1,29	3,4	1,00	4,4	1,43
15,0	13,0 (14,0)	2,75	2,0	0	10,0	2,60	3,5	2,60	5,8	2,20	7,3	2,82				
				2,6	-	-	4,3	2,63	6,0	2,20	7,4	2,72				
		3,25	2,25	3,25	2,25	0	11,0	2,35	3,6	2,36	5,8	2,00	7,3	2,57		
						2,6	-	-	4,5	2,39	6,0	2,00	7,4	2,47		
				3,25	2,5	3,25	2,5	0	12,5	2,20	3,6	2,20	5,8	1,90	7,3	2,41
								2,6	-	-	4,5	2,23	6,0	1,90	7,4	2,30
4,0	2,75	4,0	2,75	0	13,5	2,00	3,7	2,00	5,8	1,70	7,3	2,22				
				2,6	-	-	4,6	2,03	6,0	1,70	7,4	2,11				

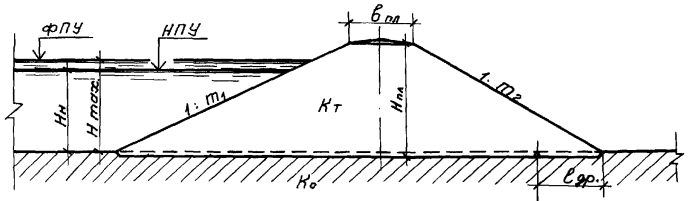
участке выклинивания кривой депрессии на откос. Для плотин из глинистых грунтов h<sub>н.др.</sub> определена при НПУ, для плотин из песчаных грунтов - при ФПУ. В случае необходимости защиты откоса от промерзания высота наслонного дренажа уточняется в каждом частном случае.

3. Приведенные удельные фильтрационные расходы q<sub>2</sub> определены при НПУ и коэффициенте фильтрации K<sub>0</sub>=0. Для ориентировочных расчетов данные таблицы используются при K<sub>0</sub> ≤ 0,1 КТ.

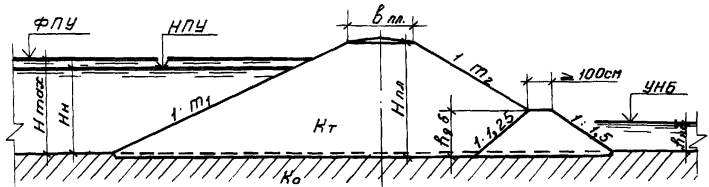
4. Фильтрационные расчеты произведены при b<sub>пл.</sub> = 4,5 м.

2283/2

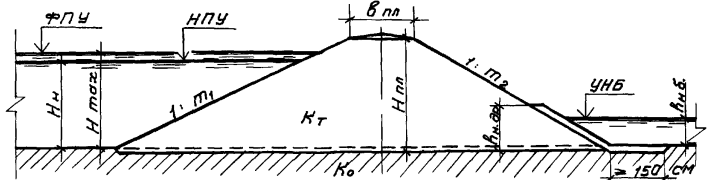
а) с трубчатым дренажем



б) с дренажным банкетом



в) с наслонным дренажем



ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Размеры дренажных устройств l<sub>др.</sub> и h<sub>н.д.</sub> определены для районов с расчетной глубиной сезонного промерзания грунта d<sub>г</sub> = 2,0 м.
2. Высота наслонного дренажа h<sub>н.др.</sub> дана из условия расположения его на

Альбом I, ч. II

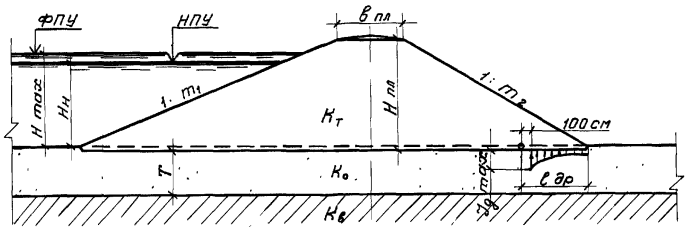
820-04-28.87

Имя, Подпись и дата Взам.инв.№

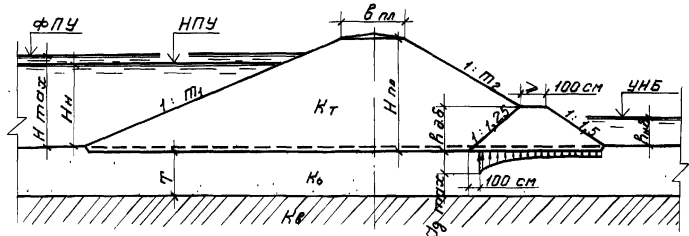
2. ПЛОТИНЫ ОДНОРОДНЫЕ, РАСПОЛАГАЕМЫЕ НА ВОДОПРОНИЦАЕМОМ ОСНОВАНИИ

Таблица 2

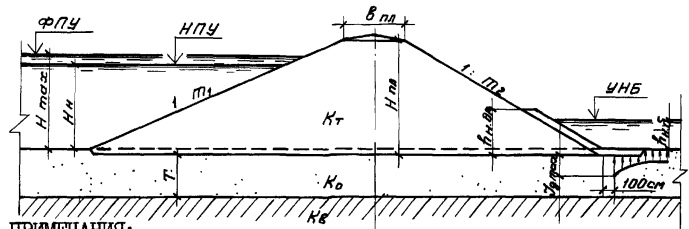
а) с трубчатым дренажем



б) с дренажным банкетом



в) с наклонным дренажем



ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Размеры дренажных устройств  $l_{гр.}$  и  $h_{г.д.}$  определены для районов с расчетной глубиной сезонного промерзания грунта  $d_f = 2,0$  м.
2. Высота наклонного дренажа  $h_{н.гр.}$  дана для плотин из глинистых грун-

H <sub>пл.</sub> м	H <sub>н.</sub> м	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	h <sub>н.д.</sub> м	T м	Трубчатый дренаж			Дренажный банкет			Наслонный дренаж		
						l <sub>гр.</sub> м	q <sub>г.</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	U <sub>г. макс.</sub>	h <sub>г.д.</sub> м	q <sub>г.</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	U <sub>г. макс.</sub>	h <sub>н.гр.</sub> м	q <sub>г.</sub> = $\frac{q}{K_T}$ м	U <sub>г. макс.</sub>
5,0	3,5	2,5	2,0	0	4	5,0	1,27	0,20	1,5	1,31	0,28	1,2	1,10	0,16
				0,7	-	-	2,5	1,13	0,24	1,6	0,97	0,12		
				0	6	5,0	1,55	0,24	1,5	1,60	0,32	1,2	1,42	0,19
		3,0	2,25	0,7	-	-	2,5	1,35	0,27	1,6	1,23	0,14		
				0	4	6,0	1,20	0,19	1,5	1,25	0,25	1,2	1,00	0,14
				0,7	-	-	2,6	1,08	0,22	1,6	0,89	0,11		
10,0	8,0	2,75	2,0	0	4	6,0	2,23	0,26	1,7	2,27	0,38	2,5	2,0	0,21
				1,6	-	-	3,5	2,15	0,36	2,9	1,94	0,16		
				0	12	6,0	3,60	0,42	1,7	3,71	0,57	3,1	3,63	0,36
		3,5	2,25	1,6	-	-	3,5	3,26	0,51	3,7	3,31	0,28		
				0	4	6,5	2,01	0,23	1,7	2,02	0,32	2,3	1,79	0,19
				1,6	-	-	3,5	1,93	0,30	2,8	1,73	0,15		
15,0	13,0	2,75	2,25	0	6	8,0	3,64	0,36	2,0	3,71	0,54	4,6	3,35	0,30
				2,6	-	-	4,7	3,58	0,53	5,2	3,35	0,24		
				0	18	8,0	5,81	0,56	2,0	5,98	0,77	5,6	5,98	0,49
		3,25	2,5	2,6	-	-	4,7	5,36	0,71	6,3	5,62	0,38		
				0	6	9,0	3,36	0,33	2,1	3,41	0,48	4,5	3,05	0,28
				2,6	-	-	4,7	3,32	0,46	5,1	3,06	0,22		
4,0	2,75	0	18	8,5	5,39	0,51	2,0	5,53	0,69	5,3	5,47	0,45		
		2,6	-	-	4,7	5,03	0,64	6,2	5,16	0,35				
		0	6	9,5	3,10	0,30	2,2	3,14	0,42	4,4	2,78	0,25		
2,6	18	2,6	-	-	4,9	3,06	0,41	5,0	2,79	0,20				
		0	18	9,0	5,03	0,47	2,1	5,15	0,63	5,1	5,01	0,42		
2,6	-	-	4,7	4,66	0,57	6,0	4,73	0,32						

тов из условия расположения его на участке выклинивания кривой депрессии на откос. В случае необходимости защиты откоса от промерзания в пределах выклинивания кривой депрессии высота наклонного дренажа уточняется в каждом частном случае.

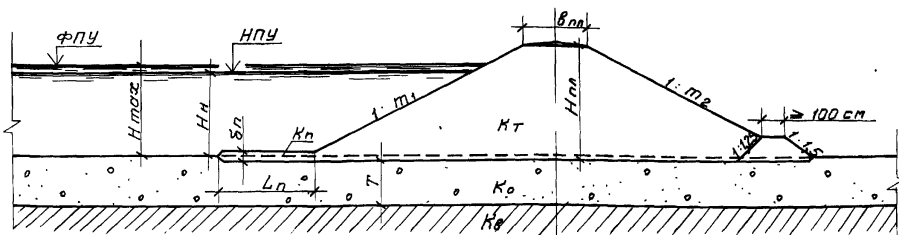
3. Данные таблицы определены при НПУ и  $K_0 = K_{п.}$ . Для ориентировочных расчетов они могут быть использованы при  $0,1 K_T \leq K_0 \leq 10 K_T$ .
4. Фильтрационные расчеты произведены при  $b_{пл} = 4,5$  м.

2283/2

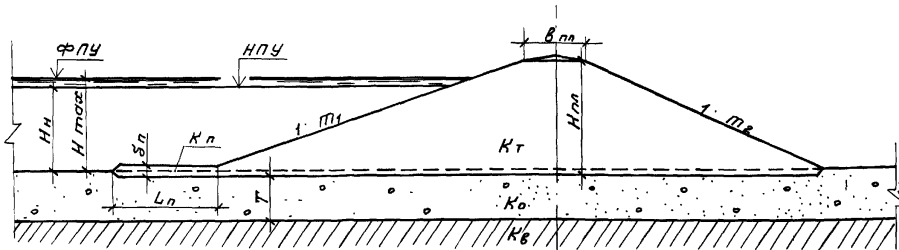
Инв. №подл. Подпись и дата Взам. инв. № 820-04-28.87 Альбом 1, ч. II

## 3. Плотины из глинистых грунтов, располагаемые на водопроницаемом основании.

а) с дренажным банкетом



б) без дренажа



## ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Высота дренажного банкета  $h_{г.с.}$  и положение трубчатого дренажа  $l_{гр.}$  принимаются по данным, приведенным для плотин из одного вида грунта на водопроницаемом основании, при одинаковых значениях  $m_2$  (см. табл. 2).
2. В таблице приведены величины  $q_z$  для плотин с обжатым контуром (при меньших коэффициентах откосов  $m_1$  и  $m_2$  и наличии трубчатого дренажа или дренажного банкета), а также для плотин с более рас-пластанным контуром (с более пологими откосами и наклонным дренажем или без дренажа). При промежуточных коэффициентах откосов могут быть приняты средние значения  $q_z$ .

Таблица 3

$H_{пл}$ м	$H_н$ м	$m_1$	$m_2$	Вид дренажа	$q_z = \frac{q}{K_ф}$ , м					
					$T = 0,5 H_н$			$T = 1,5 H_н$		
					$L_n = 0$	$L_n = H_n$	$L_n = 2H_n$	$L_n = 0$	$L_n = H_n$	$L_n = 2H_n$
5	3,5	2,0	2,0	Трубчатый; банкет	0,26	0,22	0,22	0,52	0,52	0,52
				Наслонный; без дренажа	0,22	0,18	0,18	0,52	0,52	0,52
10	8,0	2,0	2,0	Трубчатый; банкет	0,70	0,60	0,57	2,25	1,93	1,80
				Наслонный; без дренажа	0,62	0,55	0,54	2,05	1,75	1,70
15	13,0	2,5	2,0	Трубчатый; банкет	1,60	1,40	1,33	3,75	3,30	3,10
				Наслонный; без дренажа	1,05	1,00	0,99	2,65	2,40	2,30

3. Величины  $q_z$  определены в лаборатории методом ЭГДА при  $\frac{K_ф}{K_т} = 200$ ;  $K_т = K_т$  и толщине понура  $\delta_n = 0,1 H_н$ , но не менее 0,5 м.
4. Градиенты напора и приведенные фильтрационные расходы при  $L_n = 0$  могут быть также определены по приложению 9.
5. Фильтрационные расчеты произведены при  $b_{пл} = 4,5$  м.





## 5. Плотины из песка с ядром и понуром, располагаемые на водопроницаемом основании

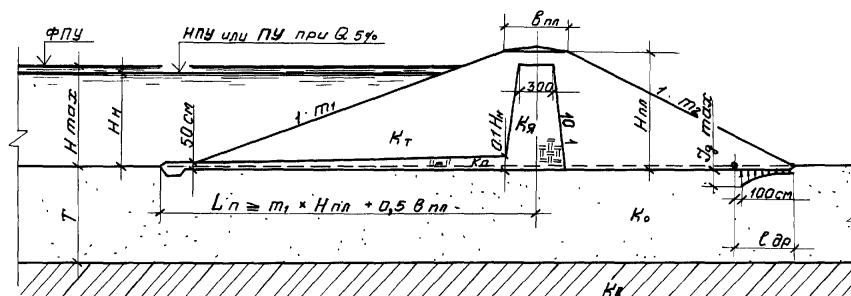


Таблица 5

$H_{пл}$ м	$H_H$ м	$m_1$	$m_2$	T	$L_n$ м	$l_{др}$ м	$q_z = \frac{q}{K_T}$	$\gamma_{z, max}$
5,0	3,5	2,75	2,0	4	16	5,0	0,81	0,16
				6	16	5,0	1,08	0,19
10,0	8,0	2,75	2,0	4	32	5,0	1,21	0,23
				8	32	5,0	1,86	0,29
				12	32	5,0	2,44	0,32
15,0	13,0	3,25	2,5	4	52	7,0	1,46	0,27
				6	52	7,0	1,82	0,30
				12	52	7,0	2,76	0,36
				18	52	7,0	3,62	0,40

## ПРИМЕЧАНИЯ:

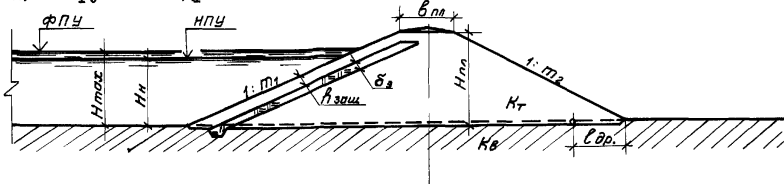
1. Приведенные фильтрационные расходы даны для условий  $K_T = K_0$  ;  
 $K_A = K_n$  ;  $K_A \leq 0,01 K_T$  ;  $K_B \leq 0,01 K_0$  .

2. Фильтрационные расчеты произведены при  $b_n = 4,5$  м.

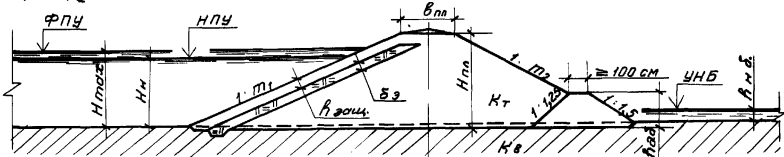
2283/2

6. Плотины из песка с экраном из глинистых грунтов, располагаемые на водоупоре

а) с трубчатым дренажем

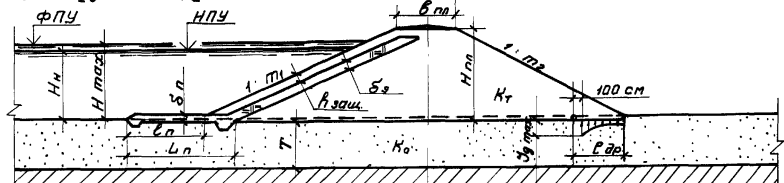


б) с дренажным банкетом

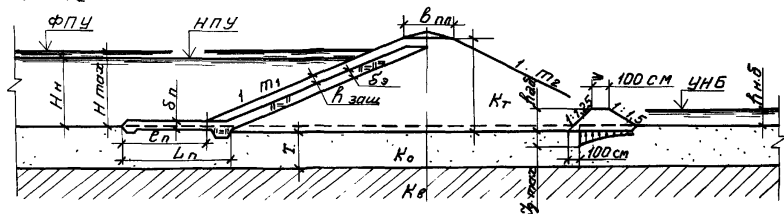


7. Плотины из песка с экраном и понуром из глинистых грунтов, располагаемые на водопроницаемом основании

а) с трубчатым дренажем



б) с дренажным банкетом



ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Приведенные удельные фильтрационные расходы определены для условий:

$$\frac{K_t}{K_B} \geq 100 \text{ и } \frac{K_t}{K_B} = 100; K_t = K_o.$$

Таблица 6

$H_{пл}$ м	$H_n$ м	$m_1$	$m_2$	$h_{н.д}$ м	$\delta_{э.ср.}$ м	$l_{гр.}$ м	$h_{г.д}$ м	$q_z = \frac{Q}{K_t}$ м
5,0	3,5	2,25	2,0	0,0	0,8	3,0	0,9	0,15
				0,7				
10,0	8,0	2,5	2,0	0,0	1,1	3,5	1,2	0,49
				1,6				
15,0	13,0	3,25	2,25	0,0	1,3	5,0	1,6	0,98
				2,6				

Таблица 7

$H_{пл}$ м	$H_n$ м	$m_1$	$m_2$	$h_{н.д}$ м	$T$ м	$\delta_{п.ср.}$ м	$\delta_{э.ср.}$ м	$l_{гр.}$ м	$h_{г.д}$ м	$J_{г. max}$	$q_z = \frac{Q}{K_t}$ , м при					
											$l_n = H$	$l_n = 2H$				
5,0	3,5	2,25	2,0	0,0	4	0,5	0,8	3,0	0,8	0,14	0,79	0,72				
				0,7												
				0,0												
				10,0	8,0	2,5	2,0	0,7	6	0,8	1,1	3,0	0,8	0,17	1,00	0,91
								0,0								
								1,6								
15,0	13,0	3,25	2,25	0,0	4	1,0	1,3	3,0	0,8	0,17	1,28	1,18				
				0,7												
				1,6												
				10,0	8,0	2,5	2,0	0,0	12	1,0	1,3	3,0	0,8	0,28	2,30	2,10
								0,7								
								1,6								
15,0	13,0	3,25	2,25	0,0	6	1,0	1,3	4,0	1,0	0,23	2,13	2,02				
				0,7												
				2,6												
				10,0	8,0	2,5	2,0	0,0	18	1,0	1,3	4,0	1,0	0,37	3,68	3,40
								0,7								
								2,6								

2. Величина  $J_{г. max}$  определена для трубчатого дренажа при  $l_n = H_n$ .
3. Размеры  $l_{гр.}$ , а также  $h_{г.д}$  определены для районов с глубиной промерзания  $d_f = 1,0$  м.
4. Фильтрационные расчеты произведены при  $b_{пл} = 4,5$  м.

МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ МЕСТНОЙ (НОРМАЛЬНОЙ) ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВ ТЕЛА И ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ<sup>XX</sup>

1. В зависимости от конструкции плотины и ее элементов, от вида грунта тела плотины, от строения основания и состава его грунтов при воздействии фильтрационного потока на сооружение могут иметь место соответствующие фильтрационно-суффозионные деформации в теле плотины, ее основании и в отдельных конструктивных элементах.

2. Для того, чтобы не происходило нарушения фильтрационно-суффозионной прочности и устойчивости любого элемента плотины, а следовательно, и сооружения в целом, должно быть выполнено следующее основное условие:

$$J_g \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.}, \quad (I)$$

где  $J_g$  - действующий градиент напора в области рассматриваемого элемента плотины или в ее основании, определяемый фильтрационными расчетами;

$J_{кр.}$  - критический местный градиент напора.

Величины  $J_{кр.}$  определяются в соответствии с указаниями, приведенными ниже в п.п.8, II.

$\gamma_n$  - коэффициент надежности, принимаемый равным I, I.

3. Проверка на суффозию грунта тела и основания земляных плотин, конструкция которых разработана в проекте, производится при наличии в теле плотины или ее основании песчаных грунтов.

4. Для установления возможности возникновения суффозии производятся следующие расчеты:

а) определение суффозионности грунтов тела и основания плотины

(см.п.7):

<sup>X</sup>Методика составлена в соответствии с "Руководством по расчетам фильтрационной прочности напорных грунтовых сооружений ГАЭС" ПЭЗ-81 ВНИИГ и "Рекомендациями по расчету противофильтрационных завес и фильтрационной прочности оснований грунтовых плотин" ПЭЗ-85 ВНИИГ.

б) в случае суффозионных грунтов - определение величины критических  $J_{кр.}$  и действующих  $J_g$  градиентов суффозии (см.п.8);

в) сравнение критических градиентов с действующими  $J_g$  для данного сооружения (см.п.9).

5. При наличии контактов между мелкозернистым и крупнозернистым грунтами (между грунтом тела и основания плотины; между слоями грунтов основания) производится проверка на возможность контактного размыва (см.п.п. II и I2) мелкозернистого или глинистого грунта потоком, идущим в крупнозернистом грунте, а также на контактную суффозию (см.п. I0).

6. Размеры призмы трубчатого и тупичного дренажей, размеры наклонного дренажа и банкета, зерновой состав первого слоя фильтра подбираются с учетом условия отсутствия деформаций грунта в области фильтрационного потока при выходе его в дренаж (см.п. I3).

7. Определение суффозионности грунтов.

а) Песчаные грунты тела или основания плотины, а также грунты, предназначенные для фильтра, следует считать (по геометрическому критерию<sup>XX</sup>) практически несуффозионными, если их параметры удовлетворяют зависимости:

$$\frac{d_5}{d_{17}} \geq N, \quad (2)$$

$$\text{где } N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot (2 + \sqrt{\eta}) \cdot \frac{n}{1-n}, \quad (3)$$

$\eta$  - коэффициент разнозернистости грунта;

$n$  - пористость (в долях единицы):

$$n = n_0 - 0,1 \cdot \lg \eta, \quad (4)$$

$n_0$  может быть принято:  $n_0 = 0,40$  - для окатанных фракций и  $n_0 = 0,45$  - для угловатых (щебеночных) фракций грунта.

Если условие (2) не выполняется, то грунт считается суффозионным, <sup>XX</sup> Оценка суффозионности "по геометрическому критерию", то есть без учета гидродинамики фильтрационного потока.

2283/2

то есть из него могут быть вынесены частицы  $d_{ci}$ , крупность которых менее  $d_5$ .

б) Глинистые грунты, имеющие число пластичности  $J_p > 5\%$ , являются практически несuffузионными грунтами.

#### 8. Определение критических градиентов suffузии.

Критический градиент suffузии, при котором могут выноситься из толщи грунта частицы  $d_{ci} \leq d_5$  без нарушения прочности грунта, определяется по зависимости:

$$J_{кр. сур.} = \frac{\mathcal{L} \cdot \varphi_0 \cdot (1-n)}{n \cdot d_{17} \cdot \sqrt[6]{\eta}} \cdot d_5, \quad (5)$$

где  $\mathcal{L} = 15,7$  - для окатанных фракций грунта;  $\mathcal{L} = 25,7$  - для угловатых фракций грунта;

$\varphi_0$  - коэффициент критической скорости:

$$\varphi_0 = 0,40 \cdot \left( \frac{\rho_s}{\rho_b} - 1 \right) \cdot f_*, \quad (6)$$

где  $\rho_s$  - плотность частиц грунта;

$\rho_b$  - плотность воды;

$f_*$  - приведенный коэффициент трения:

$$f_* = 0,80 - 1,8n + 0,006\eta. \quad (7)$$

9. Для конструкций плотин, приведенных в проекте, отсутствие внутренней suffузии в suffузионных грунтах тела и основания автоматически обеспечивается в том случае, если критический градиент внутренней suffузии  $J_{кр. сур.}$  будет больше или равен критическому среднему градиенту для данного вида грунта  $J_{кр. ср.}$ , приведенному в таблице I7.1 пояснительной записки:

$$J_{кр. сур.} \geq J_{кр. ср.}$$

Если это условие не выполняется, то необходимо определить величину действующего градиента фильтрационного потока  $J_q$  в теле и основании плотины по методике, приведенной в приложении 5, и проверить выполнение условия (I):

$$J_q \leq \frac{J_{кр. сур.}}{\gamma_n}. \quad (I \text{ а})$$

При невыполнении неравенства (I а) необходимо предусмотреть соответствующие мероприятия: для тела плотины - увеличение водоудерживающей части поперечного профиля; для основания - устройство зуба или шпунта с целью уменьшения величины  $J_q$ .

#### 10. Определение возможности возникновения контактной suffузии.

На контакте двух несuffузионных грунтов, крупнозернистого и мелкозернистого, контактной suffузии не будет наблюдаться при условии:

$$\frac{D_0}{d_5} \leq 5,4, \quad (8)$$

где  $D_0$  - средний диаметр фильтрационных пор крупнозернистого грунта:

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17}. \quad (9)$$

Если условие (8) не выполняется, то может иметь место контактная suffузия.

Для предотвращения контактной suffузии проектом предусматривается укладка переходного слоя.

II. Определение критических градиентов контактного размыва песчаных и глинистых грунтов.

#### а) Контактный размыв песчаных грунтов.

Критический градиент размыва мелкозернистого грунта в зоне контакта с крупнозернистым при  $d_{ci} < 0,7 \cdot D_0$  и  $d_{ci} > d_5$  определяется по формуле:

$$J_{кр. конт.} = \frac{1}{\sqrt{\varphi_1}} \cdot (2,3 + 15 \cdot \frac{d_5}{D_0}) \cdot \frac{d_5}{D_0} \cdot \sin(30^\circ + \frac{\theta}{8}), \quad (10)$$

где  $D_0$  определяется по формуле (9);

$\theta$  - угол между направлениями скорости фильтрации и силы тяжести;

$\varphi_1 = 1,0$  - для окатанных фракций грунта;  $\varphi_1 = 0,35 - 0,40$  - для угловатых фракций грунта;

$d_5$  - расчетный размер частиц мелкозернистого грунта, которые могут быть вынесены фильтрационным потоком.

В случае, если  $d_{ci} \geq 0,7 \cdot D_0$ , размыва и выноса частиц мелкозернистого

2283/2

грунта не может произойти, при этом  $d_{ci} \leq d_5$ .

б) Контактный размыв глинистых грунтов.

Критический градиент размыва на контакте глинистого грунта ( $J_p \geq 5\%$ ) с крупнозернистым грунтом определяется по формуле:

$$J_{кр.конт} = \frac{1,35}{\sqrt{D_0^{max}}} - 1, \quad (II)$$

где  $D_0^{max}$  - максимальный диаметр фильтрационных пор крупнозернистого грунта в см:

$$D_0^{max} = \kappa \cdot D_0, \quad (I2)$$

где  $\kappa$  - коэффициент неравномерности раскладки частиц в грунте; величина  $\kappa$  составляет: для грунтов с коэффициентом разности  $\eta \leq 25$

$$\kappa = 1 + 0,05\eta; \quad (I3)$$

для грунтов с  $\eta > 25$

$$\kappa = 0,35 (2 + \sqrt{\eta}); \quad (I4)$$

$D_0$  определяется по формуле (9).

Формула (II) действительна при  $D_0^{max} \leq 1,8$  см.

При  $D_0^{max} > 1,8$  см будет происходить отслаивание связанного грунта в порах крупнозернистого на глубину  $> 0,5 D_0^{max}$ , что недопустимо. В этом случае требуется укладка промежуточного слоя грунта с  $D_0^{max} \leq 1,8$  см.

I2. Отсутствие размыва мелкозернистого грунта тела плотины на контакте с крупнозернистым грунтом основания или глинистого грунта тела плотины на контакте с песком основания будет обеспечено при выполнении условия:

$$J_{g,конт} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.конт}, \quad (I \delta)$$

где  $J_{g,конт}$  - величина действующего градиента напора на контакте двух грунтов.

При невыполнении неравенства (I  $\delta$ ) необходимо предусмотреть соот-  
X) Формула (II) рекомендована ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева для сооружений III и IV классов, составлена с учетом допущения отслаивания связанного грунта в порах фильтра на величину  $0,5 \cdot D_0^{max}$  (см. СНиП 2.06.05-84, п.2.67)

ветствующие мероприятия, например, устройство переходного слоя между телом плотины и основанием или устройство зуба.

I3. Определение размеров дренажей из условия отсутствия деформаций грунта в области фильтрационного потока при выходе его в дренаж XX).

Выходной действующий градиент напора для призмы трубчатого или тн-  
фичного дренажа определяется по формуле:

$$J_{g,вых} = \frac{Q}{K_f \cdot \omega}, \quad (I5)$$

где  $Q$  - фильтрационный расход на I м длины дренажа ( $m^3/c$ ), ( $Q = q \cdot m^2/c \cdot 1m$ );

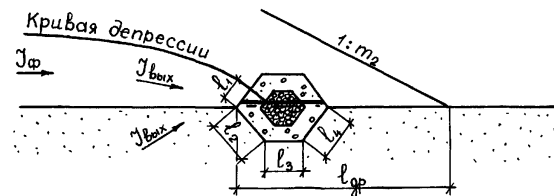
$K_f$  - коэффициент фильтрации грунта основания или тела плотины ( $m/c$ );

$\omega$  - площадь живого сечения фильтрационного потока, выходящего в дренаж, отнесенная к I м длины дренажа,

$$\omega = 1 \cdot L$$

$L$  - смоченный периметр призмы,

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4.$$



Черт. I

Критический градиент напора  $J_{кр}$  определяется по формуле (5).

Для суффозионных грунтов тела и основания плотины размеры дренажной призмы назначаются такими, чтобы выполнялось условие (I). При невыполнении условия следует увеличить размеры дренажа ( $L$ ).

Для несуффозионных грунтов тела и основания плотины должно выполняться условие:

$$J_{g,вых} \leq 0,75 - I,0.$$

XX) Подбор состава обратных фильтров производится в соответствии с методикой, приведенной в приложении I5.

2283/2

После подбора размеров дренажа  $l_1, l_2, \dots$  положение тифячного и трубчатого дренажей (расстояние  $l_{др}$ ) при необходимости корректируется по условию, чтобы не было промерзания материала обратного фильтра.

14. Проверка фильтрационной прочности глинистого грунта понура, экрана, ядра, противофильтрационной диафрагмы ("стена в грунте") при числе пластичности грунта  $J_p \geq 5 \%$ .

а) Понур

Толщина грунтового понура назначается с учетом величины критического среднего градиента напора из условия обеспечения общей фильтрационной прочности:

$$J_{gn} = \frac{h_0}{\delta_n} \leq J_{кр.ср} \cdot \frac{1}{\gamma_n}, \quad (I6)$$

где  $J_{gn}$  - действующий градиент напора для понура;

$h_0$  - потеря напора по длине всего основания понура;

$\delta_n$  - толщина понура;

$J_{кр.ср}$  - критический средний градиент напора для грунта понура принимается по табл. I7. I;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности;  $\gamma_n = I, I$ .

Местная фильтрационная прочность грунта понура при принятых размерах (толщине) обеспечивается при условии:

$$J_{gn} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр}, \quad (I7)$$

где  $J_{кр}$  - местный критический градиент напора, зависящий от зернового состава подстилающего слоя грунта под понуrom:

$$J_{кр} = \frac{1}{\psi} \cdot \left[ \frac{0,34}{(D_0^{max})^2} - 1 \right], \quad (I8)$$

где  $D_0^{max}$  - максимальный размер фильтрационных пор подстилающего понура грунта, определяется по формуле (I2).

Значение  $\psi$  принимается по таблице, соответственно найденному  $D_0^{max}$ .

Вычисленные по формуле (I8) значения  $J_{кр}$  сведены в таблицу I:

Таблица I

$D_0^{max}, \text{см} \geq$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55
$\psi$	0,5	0,46	0,42	0,32	0,18	0,08
$J_{кр}$	66,0	16,3	6,62	3,52	2,00	1,50

Неравенство (I7) для понура из глины или суглинка удовлетворяется при  $D_0^{max} \leq 0,2$  см, а для понура из супеси - при  $D_0^{max} \leq 0,4$  см.

При несоблюдении условия (I7) требуется увеличение толщины понура или устройство подстилающего слоя толщиной 0,3-0,5 м из грунта с  $D_0^{max} \leq 0,2$  см для понура из глины или суглинка, а для понура из супеси - из грунта с  $D_0^{max} \leq 0,4$  см.

б) Экран

Толщина грунтового экрана назначается из условия обеспечения общей фильтрационной прочности:

$$J_{gэ} = \frac{z}{\delta_э} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.ср}, \quad (I9)$$

где  $J_{gэ}$  - действующий градиент напора для экрана;

$z$  - напор, действующий на плотине;

$\delta_э$  - толщина экрана;

$J_{кр.ср}$  - критический средний градиент напора для грунта экрана принимается по табл. I7. I.

Местная фильтрационная прочность грунта экрана при принятых размерах (толщине) обеспечивается при условии:

$$J_{gэ} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр}, \quad (20)$$

где  $J_{кр}$  определяется по формуле (I8) или по табл. I. При этом  $D_0^{max}$  определяется для грунта низовой призмы плотины.

Неравенство (20) удовлетворяется для экрана из глины или суглинка при  $D_0^{max} \leq 0,2$  см, для экрана из супеси - из грунта с  $D_0^{max} \leq 0,5$  см. То есть проверка местной фильтрационной прочности экрана при принятой толщине сводится к определению величины  $D_0^{max}$  по формуле (I2). При несоблюдении условия (20) требуется увеличение толщины экрана или устройство подстилающего слоя толщиной 0,3-0,5 м из грунта с  $D_0^{max} \leq 0,2$  см для экрана из глины или суглинка, для экрана из супеси - из грунта с  $D_0^{max} \leq 0,5$  см.

в) Ядро

Местная фильтрационная прочность грунта ядра при принятых размерах

обеспечивается при условии:

$$J_a \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.}, \quad (21)$$

где  $J_a$  - расчетный (максимальный) градиент напора ядра плотины в зоне высачивания фильтрационного потока на уровне воды нижнего бьефа;

$$J_a = tg \alpha, \quad (22)$$

$\alpha$  - угол наклона низовой грани ядра к горизонту;

$J_{кр.}$  - местный критический градиент напора, зависящий от зернового состава грунта, отсыпаемого в низовую призму, определяется по формуле (18).

$D_0^{max}$ , входящее в формулу (18) - максимальный размер фильтрационных пор грунта низовой призмы плотины.

В типовых материалах для проектирования принято  $tg \alpha = 10$ .

Таким образом, по условию (21) градиент напора  $J_{кр.}$  должен быть более или равен II. Это условие выполняется при  $D_0^{max} \leq 0,2$  см.

Проверка фильтрационной прочности глинистого грунта ядра при принятых в типовых проектных решениях его размерах сводится к определению величины  $D_0^{max}$  по формуле (12). При  $D_0^{max} \leq 0,2$  см фильтрационная прочность ядра обеспечивается.

В противном случае необходимо уменьшить уклон низовой и верхней граней его, т.е. принять такое значение  $tg \alpha$ , чтобы удовлетворялось условие (21), или выполнить переходный слой фильтра, удовлетворяющий условию  $D_0^{max} \leq 0,2$  см.

г) Противофильтрационная диафрагма, выполняемая траншейным методом ("стена в грунте").

Толщина диафрагмы назначается из условия обеспечения общей фильтрационной прочности:

$$J_{q.g} = \frac{\xi}{\delta_g} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.ср}, \quad (23)$$

где  $J_{q.g}$  - действующий градиент напора в диафрагме;

$\xi$  - напор, действующий на плотину;

$\delta_g$  - толщина диафрагмы;

$J_{кр.ср}$  - критический средний градиент для грунта противофильтрационной диафрагмы принимается по табл. I7.1.

Местная фильтрационная прочность диафрагмы обеспечивается при условии:

$$J_{q.g} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.}, \quad (24)$$

где  $J_{кр.}$  - местный критический градиент напора для связанного грунта диафрагмы, при котором в зависимости от состава грунта основания не будут происходить опасные фильтрационные деформации, определяется по формуле:

$$J_{кр.} = \frac{1,69}{(D_0^{max})^2}, \quad (25)$$

где  $D_0^{max}$  определяется по формуле (12), причем  $D_0^{max} \leq 1,3$  см.

При несоблюдении неравенства (24) толщина диафрагмы должна быть увеличена из условия:

$$\delta_g' \geq \frac{\xi}{J_{кр.}} \cdot \gamma_n. \quad (26)$$

15. Проверка местной фильтрационной устойчивости низового откоса при отсутствии дренажа (для плотины из песка или супеси).

При отсутствии дренажа низового откоса грунт в пределах выклинивания фильтрационного потока на откос будет устойчив, если удовлетворяется неравенство:

$$m_2 > \frac{2}{tg \varphi_T}. \quad (27)$$

В противном случае, для обеспечения условия (23) фильтрационной устойчивости откоса необходимо в области выхода кривой депрессии уложить откос, покрыть поверхность его слоем водонепроницаемой пригрузки или устроить наклонный дренаж. При этом зерновой состав пригрузки или первого слоя наклонного дренажа принимается таким, чтобы удовлетворялось условие (I):

$$J_g < \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.},$$

где  $J_g = \sin \alpha$  - синус угла наклона низового откоса к горизонту, а  $J_{кр.}$  определяется по формуле (10) для песчаных грунтов откоса и по формуле (11) - для глинистых при числе пластичности  $J_p \geq 5\%$ .

2283/2

Имя, Подпись и Дата Взам. инв. №



## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МЕСТНОЙ (НОРМАЛЬНОЙ) ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПЛОТИН

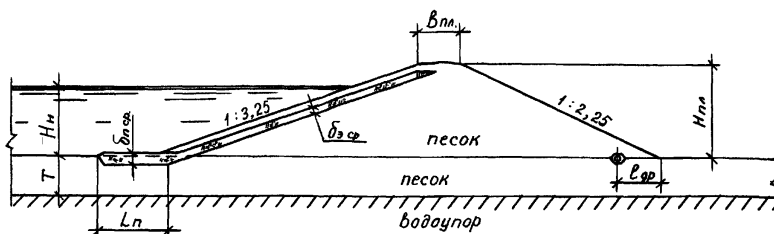
Пример I.

А. Исходные данные

Плотина из песка средней крупности с экраном и понуром из сут-  
линка на песчаном основании.

Высота плотины	$H_{пл} = 15,0$ м
Напор на плотину	$H_H = 13,0$ м
Ширина плотины по гребню	$b_{пл} = 4,5$ м
Глубина воды в нижнем бьефе	$h_{нд} = 0$
Мощность водопроницаемого основания	$T = 6,0$ м
Дренаж трубчатый	$l_{др} = 4,0$ м
Длина понура	$L_{п} = 13$ м
Толщина понура и экрана	$\delta_{п.ср.} = \delta_{э.ср.} = 1,3$ м

Схема плотины



Черт. I

Грунты основания и тела плотины характеризуются следующими

данными:  $\varphi = 30^\circ$ ;  $C = 0$ ;  $d_{min} = 0,01$  мм;  $d_5 = 0,03$  мм;  
 $d_{10} = 0,10$  мм;  $d_{17} = 0,14$  мм;  $d_{60} = 1,0$  мм;  $d_{max} = 3,0$  мм;

$\rho_d = 1,77 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$ ; коэффициент разнородности  $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 10$ ;  
пористость  $n = 0,33$ ; коэффициент фильтрации  $K_0 = K_T = 0,012 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

Б. Основные виды фильтрационных деформаций, которые могут иметь место в данной плотине:

- суффозия в теле плотины или ее основании,
- суффозия при выходе потока в дренаж,
- суффозия при выходе фильтрационного потока за дренажем,
- нарушение фильтрационной прочности грунта экрана или понура на контакте с песком основания.

При фильтрационных расчетах плотины определены следующие значения действующих градиентов фильтрационного потока и фильтрационных расходов в отдельных ее элементах:

- градиент напора в теле плотины  $J_{q,t} = 0,25$ ,
- градиент напора в основании  $J_{q,o} = 0,14$ ,
- максимальный градиент напора в основании за дренажем и при выходе фильтрационного потока в нижний бьеф  $J_{q,max} = 0,23$  (см. приложение 6, таблица 7),
- градиенты напора в грунте понура и экрана  $J_{q,n} \leq 10$ ;  $J_{q,\varepsilon} \leq 8$ ,
- удельный приведенный фильтрационный расход (на 1 м длины дренажа)

$$q_n = \frac{q}{K_T} = 2,1 \text{ м.}$$

В. Расчеты

I. Определение суффозийности грунтов

2283/2

Песчаные грунты следует считать несuffозионными, если удовлетворяется неравенство (2):

$$\frac{d_5}{d_{17}} \geq N,$$

где  $N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot (2 + \sqrt{\eta}) \cdot \frac{n}{1-n} = 0,1 \cdot \sqrt[6]{10} (2 + \sqrt{10}) \frac{0,33}{1-0,33} = 0,38$ ;

$$\frac{0,03}{0,14} = 0,21 < 0,38 \text{ - грунт suffозионный.}$$

## 2. Определение критических градиентов suffозии

Критический градиент напора, при котором могут выноситься suffозионные частицы  $d_{ci} \leq d_5$  без нарушения прочности грунта, определяется по зависимости (5):

$$J_{кр.сuff.} = \frac{\lambda \cdot \varphi_0 \cdot (1-n)}{n \cdot d_{17} \cdot \sqrt[6]{\eta}} \cdot d_5;$$

где  $\lambda = 15,7$

$$\varphi_0 = 0,40 \cdot \left( \frac{\rho_s}{\rho_b} - 1 \right) \cdot f_*;$$

$$\rho_s = \frac{\rho_{д.т}}{1-n} = \frac{1,77}{1-0,33} = 2,64 \text{ г/см}^3;$$

$$f_* = 0,8 - 1,8n + 0,006\eta = 0,8 - 1,8 \cdot 0,33 + 0,006 \cdot 10 = 0,266;$$

$$\varphi_0 = 0,4 \left( \frac{2,64}{1,0} - 1 \right) \cdot 0,266 = 0,17;$$

$$J_{кр.сuff.} = \frac{15,7 \cdot 0,17 (1-0,33) \cdot 0,03}{0,33 \cdot 0,14 \cdot \sqrt[6]{10}} = 0,79.$$

## 3. Проверка на отсутствие suffозии в теле плотины и ее основании

Критический средний градиент для тела плотины из песка средней крупности  $J_{кр.ср.} = 1$ .

Так как  $J_{кр.сuff.} < J_{кр.ср.}$ , для того, чтобы не возникла опасная внутренняя suffозия, действующий градиент напора в плотине

и ее основании должен быть менее  $\frac{J_{кр.сuff.}}{J_n}$ .

$$J_{q,т} = 0,25 < \frac{0,79}{1,1} = 0,72$$

$$J_{q,о} = 0,14 < 0,72.$$

В теле плотины и ее основании не возникает опасной внутренней suffозии.

## 4. Проверка местной фильтрационной прочности глинистого грунта (суглинка) экрана и понура.

Прочность грунта понура и экрана обеспечиваются при условии:

$$J_{q,n} \leq \frac{1}{J_n} \cdot J_{кр.} \text{ и } J_{q,э} \leq \frac{1}{J_n} \cdot J_{кр.} \quad (17, 20)$$

где  $J_{кр.}$  - местный критический градиент напора, зависящий от зернового состава подстилающего грунта под понуром и экраном,

$J_{q,n}$  и  $J_{q,э}$  - действующие градиенты напора в грунте понура, экрана.

По формуле (18):

$$J_{кр.} = \frac{1}{\psi} \cdot \left[ \frac{0,34}{(D_0^{max})^2} - 1 \right]$$

Определяем по формуле (9) средний диаметр пор грунта и по формуле (12) максимальный диаметр пор:

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} = 0,46 \cdot \sqrt[6]{10} \cdot \frac{0,33}{1-0,33} \cdot 0,14 = 0,046 \text{ мм}$$

$$D_0^{max} = \alpha \cdot D_0 = (1 + 0,05\eta) D_0 = (1 + 0,05 \cdot 10) \cdot 0,046 = 0,07 \text{ мм}$$

По п.14 приложения 7 условия (17) и (20) выполняются при  $D_0^{max} \leq 0,2$  см, а в нашем случае  $D_0^{max} = 0,07$  мм, следовательно, прочность экрана и понура на контакте с грунтом основания обеспечивается.

## 5. Определение размеров дренажа

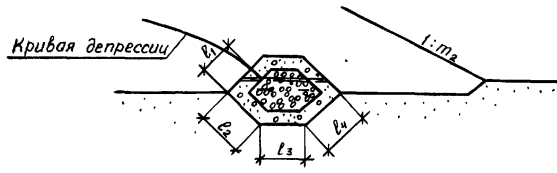
Выходной действующий градиент напора для призмы трубчатого дренажа определяется по формуле (15):

$$J_{q,вых} = \frac{q}{K_{ф} \cdot \omega} = \frac{q \cdot 1}{\omega},$$

2283/2

где  $\omega$  – площадь живого сечения фильтрационного потока, выходящего в дренаж, на 1 м длины дренажа,

$$\omega = 1 \cdot L = 1 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)$$



Черт.2

Отсутствие фильтрационных деформаций суффозионных грунтов основания и тела плотины при выходе в дренаж обеспечивается при условии:

$$j_{г.вых} \leq \frac{j_{кр.суфф}}{j_n} = 0,72.$$

Необходимая из условия фильтрационной прочности величина составляет:

$$\omega = \frac{q_{г.1}}{j_{г.вых}} = \frac{2,12 \cdot 1}{0,72} = 2,95 \text{ м}^2.$$

Отдельные размеры дренажной призмы могут быть назначены таким образом, чтобы  $\sum l = L = 2,95 \text{ м}$ .

Положение дренажа ( $l_{гр.}$ ) корректируется по условию отсутствия промерзания материала обратного фильтра.

#### 6. Проверка на отсутствие суффозии за дренажем

Фильтрационными расчетами определяется действующий градиент напора за дренажем  $j_{г.мах} = 0,23$ . Суффозия отсутствует, так как

$$j_{кр.} = 0,30 \text{ (см.п. I7.2.6)}$$

#### Пример 2

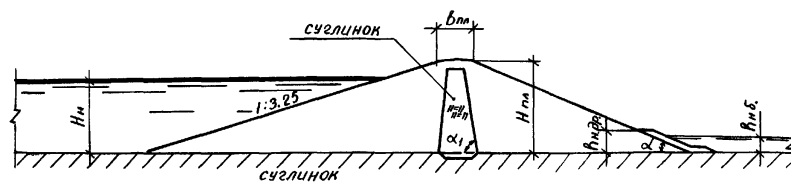
А. Исходные данные :

Плотина из песка средней крупности с ядром на основании из суглинка.

Высота плотины	$H_{пл}$	=	15,0 м
Напор на плотину	$H_H$	=	13,0 м
Ширина плотины по гребню	$b_{пл}$	=	4,5 м
Глубина воды в нижнем бьефе	$h_{н.б.}$	=	2,6 м

Дренаж наклонный устраивается в пределах высоты выклинивания кривой депрессии на откос.

Схема плотины



Черт.3

Характеристика грунта тела плотины:  $\psi_T = 30^\circ$ ;  $C_T = 0$ ;  $d_{min} = 0,01 \text{ мм}$ ;  $d_5 = 0,03 \text{ мм}$ ;  $d_{10} = 0,10 \text{ мм}$ ;  $d_{17} = 0,14 \text{ мм}$ ;  $d_{60} = 1,0 \text{ мм}$ ;  $d_{max} = 3,0 \text{ мм}$ ;  $\beta_d = 1,77 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ; коэффициент разности зерномера  $\eta_T = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 10$  пористость  $n_T = 0,33$ ; коэффициент фильтрации  $K_T = 0,012 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

Характеристики грунта основания:  $\psi_0 = 22^\circ$ ;  $C_0 = 15 \text{ кПа}$ ;  $\rho_0 = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ; пористость  $n_0 = 0,37$ ; коэффициент фильтрации  $K_0 = 0,0001 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ ; число пластичности  $J_p = 8 \%$ .

Грунт ядра – суглинок, аналогичный грунту основания.

Б. Основные виды деформаций, которые могут иметь место в данной плотине:

- суффозия в теле плотины,
- нарушение фильтрационной прочности грунта ядра на контакте с крупнозернистым грунтом тела плотины,
- нарушение фильтрационной устойчивости грунта на низовом откосе.

При фильтрационных расчетах плотины определены следующие значения параметров фильтрационного потока:

- градиент напора в теле плотины  $J_{g,т} = 0,020$ ,
- градиент напора в грунте ядра (в суглинке)  $J_{я} = 10$ ,
- высота выклинивания кривой депрессии на низовой откос,

$$h_{\text{выс.}} = 3,0 \text{ м.}$$

- градиент выхода фильтрационного потока на низовой откос плотины  $J_{g,о} = \sin \alpha = 0,37$ .

#### В. Расчеты

Грунт тела плотины является суффозионным грунтом (см. пример I).

Грунт основания - несуффозионный (суглинок).

Для того, чтобы в теле плотины не возникла суффозия, действующий градиент напора в теле плотины должен быть менее  $J_{\text{кр.суфф.}} = 0,72$ .

$$J_{g,т} = 0,020.$$

$$J_{g,т} \leq \frac{J_{\text{кр.суфф.}}}{\gamma_n}$$

Суффозия в теле плотины отсутствует.

Г. Проверка фильтрационной прочности глинистого грунта ядра на контакте с грунтом тела плотины

Прочность грунта ядра обеспечивается при условии

$$J_{я} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{\text{кр.}}, \quad (2I)$$

где  $J_{я} = \text{tg } \alpha_1 = 10$  - максимальный градиент напора ядра плотины на уровне воды нижнего бьефа.

$J_{\text{кр}}$  - местный критический градиент напора, зависящий от зернового состава грунта, отсыпаемого в низовую призму;

$J_{\text{кр}}$  определяется по формуле (I8) приложения 7.

В соответствии с п. I4 б приложения 7 условие (2I) выполняется при  $D_o^{\text{max}} \leq 0,2$  см. В рассматриваемом случае  $D_o^{\text{max}} = 0,07$ , следовательно, прочность грунта ядра на контакте с грунтом тела плотины обеспечивается.

2. Проверка фильтрационной устойчивости грунта на низовом откосе плотины

Грунт в области выхода кривой депрессии на откос считается устойчивым, если удовлетворяется условию  $m_2 > \frac{2}{\text{tg } \varphi_T}$ , где  $\varphi_T$  - угол внутреннего трения грунта.

$$\frac{2}{\text{tg } \varphi_T} = \frac{2}{\text{tg } 30^\circ} = 3,5 > m_2 = 2,5.$$

Так как условие устойчивости не обеспечивается, низовой откос в пределах выклинивания на него кривой депрессии покрывается слоем водопроницаемой пригрузки - устраивается наклонный дренаж. Высота наклонного дренажа  $h_{\text{н.др.}} = 3,2$  м.

Пример 3

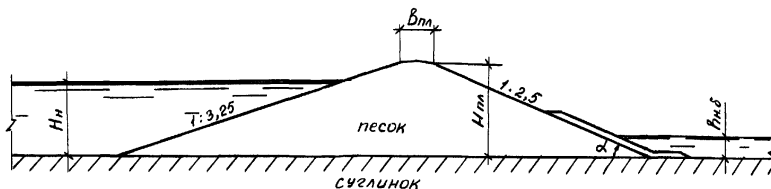
А. Исходные данные

Плотина из песка средней крупности на основании из суглинка.

2283/2

Высота плотины	$H_{пл}$	=	15 м
Напор на плотину	$H_H$	=	13 м
Ширина плотины по гребню	$b_{пл}$	=	4,5 м
Глубина воды в нижнем бьефе	$h_{н.б.}$	=	2,6 м

Дренаж наклонный устраивается в пределах выклинивания кривой депрессии на откос.



Черт.4

Характеристики грунта тела плотины:  $\varphi_T = 32^\circ$ ;  $C_T = 0$ ;

$$d_{\min} = 0,09 \text{ мм}; d_5 = 0,11 \text{ мм}; d_{10} = 0,14 \text{ мм}; d_{17} = 0,175 \text{ мм}; d_{60} = 0,6 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = 2,0 \text{ мм}; \eta_T = 0,34; \rho_{d.T} = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}; \eta_T = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 4,3; K_T = 0,01 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Характеристики грунта основания:  $\varphi_0 = 22^\circ$ ;  $C_0 = 15 \text{ кПа}$ ;  $n_0 = 0,34$ ;

$$\rho_0 = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}; K_0 = 10^{-4} \frac{\text{см}}{\text{с}}; J_p = 8 \%$$

Б. Основные виды деформаций, которые могут иметь место в данной плотине:

- суффозия в теле плотины,
- контактный размыв между грунтом основания и тела плотины,
- нарушение фильтрационной прочности грунта в пределах выклинивания кривой депрессии на откос.

При фильтрационных расчетах плотины определены следующие значения параметров фильтрационного потока:

- градиент напора в теле плотины  $J_{q.T} = 0,25$ ,

- градиент напора в основании плотины  $J_{q.0} = J_{q.T}$ ,

- градиент выхода фильтрационного потока на низовой откос

$$J_0 = \sin \alpha = 0,37.$$

В. Расчеты

1. Определение суффозионности грунта тела плотины.

Песчаные грунты следует считать несущими, если удовлетворяется условие (2):  $\frac{d_5}{d_{17}} \geq N$ ,

$$\text{где } N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot (2 + \eta) \cdot \frac{n}{1-n} = 0,1 \sqrt[6]{4,3} \cdot (2 + 4,3) \cdot \frac{0,34}{1-0,34} = 0,41.$$

$$\frac{0,11}{0,175} = 0,63 > 0,41 \text{ - грунт несущий.}$$

Суффозия в теле плотины отсутствует.

2. Определение критических градиентов контактного размыва и проверка на отсутствие контактного размыва по подошве плотины.

Критический градиент размыва на контакте глинистого грунта с числом пластичности  $J_p \geq 5 \%$  и крупнозернистого грунта определяется по формуле:

$$J_{\text{кр.конт.}} = \frac{1,35}{\sqrt{D_0^{\max}}} - 1, \quad (II)$$

где  $D_0^{\max} = \alpha \cdot D_0$ ;

$$\alpha = 1 + 0,05 \eta = 1 + 0,05 \cdot 4,3 = 1,21;$$

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} = 0,46 \cdot \sqrt[6]{4,3} \cdot \frac{0,34}{1-0,34} \cdot 0,175 = 0,05 \text{ мм};$$

$$D_0^{\max} = 1,21 \cdot 0,05 = 0,006 \text{ см};$$

$$J_{\text{кр.конт.}} = \frac{1,35}{\sqrt{0,006}} - 1 = 16,3.$$

2283/2

Отсутствие размыва по подошве плотины обеспечивается при условии:

$$J_{\text{д.конт.}} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{\text{кр.конт.}}$$

$$0,25 \leq \frac{1}{1,1} \cdot 16,3 = 14,8.$$

Действующий градиент напора на контакте двух грунтов значительно меньше допустимого градиента, то есть размыв отсутствует.

### 3. Проверка устойчивости грунта на низовом откосе

Грунт в области выхода кривой депрессии на откос считается устойчивым, если удовлетворяется условие:

$$m_2 > \frac{2}{\text{tg } \varphi_T};$$

$$\frac{2}{\text{tg } \varphi_T} = \frac{2}{\text{tg } 32^\circ} = 3,2 > m_2 = 2,5.$$

Так как условие устойчивости не выполняется, низовой откос в пределах выклинивания на него кривой депрессии покрывается слоем водопроницаемой пригрузки - наклонный дренаж. Высота наклонного дренажа  $h_{\text{н.др.}} = 7,4$  м (см. приложение 6).

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПЛОТИНЫ ИЗ ОДНОГО ВИДА ГРУНТА, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА СИЛЬНОВОДOPPOHИЦАЕМОМ ОСНОВАНИИ

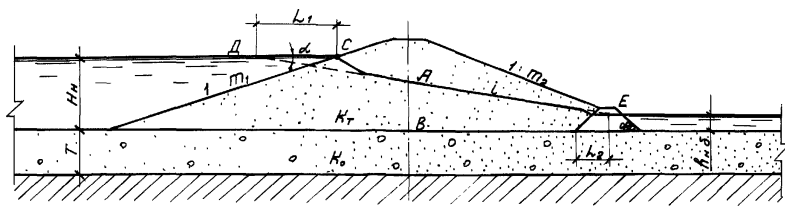
Приводимые ниже расчетные зависимости могут быть использованы при выполнении следующего условия:

$$\frac{K_0 T}{K_T H_H} > 10.$$

Удельный фильтрационный расход в теле и основании плотины при наличии трубчатого, тифлячного дренажа или банкета<sup>x</sup>):

$$q_{\phi 0} = K_0 T \cdot i,$$

где  $i$  - уклон прямой ДАЕ (см. черт. I),  $i = \operatorname{tg} \alpha$

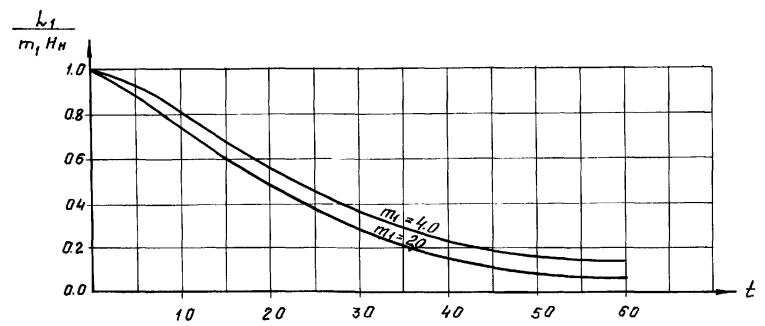


Черт. I

$$L_2 = 0,44T.$$

$L_1$  определяется по графику, приведенному на черт. 2, по известным величинам  $t = 2m_1 \sqrt{\frac{K_1 H_H}{K_0 T}}$  и  $m_1$ ; при  $t \geq 6$  величина  $\frac{L_1}{m_1 \cdot H_H} = \frac{2m_1}{t(m_1 + t)}$

x) Фильтрационный расход определяется при  $h_{н.с.} = 0$



Черт. 2

Кривая депрессии в плотине, в низовой части правее оси АВ, практически совпадает с прямой АЕ. В верховой части кривая депрессии может быть построена приближенно, так чтобы она была нормальной к верховому откосу плотины в точке С и касательной к прямой ДАЕ в точке А.

Максимальный градиент напора  $J_{\text{конт.}}$  по контакту плотины с основанием

$$J_{\text{конт.}} = \frac{i \cdot L_1}{H_H}$$

Эпюра взвешивающих градиентов напора по подошве дренажа и по дну нижнего бьефа плотины определяется уравнением:

$$J_{\text{б.б.}} = \frac{i}{\sqrt{e^{2\ell} - 1}},$$

где  $\ell$  - расстояние от начала дренажа до точки, где определяется градиент напора.

Имя, №подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

2283/2

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛКОГО ПЕСКА ПОД ПЛИТАМИ КРЕПЛЕНИЯ ВЕРХОВОГО ОТКОСА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕТРОВЫХ ВОЛН

Предлагаемая методика<sup>х)</sup> применима для мелких песков, кривые зернового состава которых вписываются в зону, указанную на черт.10.1 пояснительной записки.

В результате воздействия динамической нагрузки от ударов волн на железобетонное крепление верхового откоса плотины возможно нарушение местной устойчивости его основания, предельной фазой которого является разжижение грунта, сопровождающееся резким падением его несущей способности и полным разрушением крепления.

Конструкции железобетонных креплений, разработанные в типовых материалах для проектирования, применимы для верховых откосов плотин, сложенных из мелкого песка, в случае обеспечения устойчивости их основания при воздействии волновых нагрузок.

Устойчивость песчаного основания при воздействии волн обеспечивается в случае соблюдения следующих условий:

$$a_p \leq 0,6 \cdot a_{кр.с}; \quad (1)$$

$$a_p \leq 1,2 \cdot a_{кр.о}; \quad (2)$$

где  $a_p$  — максимальное расчетное ускорение колебаний грунта откоса на его контакте с подстилающим плиты крепления слоем песка средней крупности или крупного или обратного фильтра, а при отсутствии его — с плитой;

$a_{кр.с}$  — критическое ускорение колебаний песка по условию смещения частиц грунта по откосу;

$a_{кр.о}$  — критическое ускорение колебаний песка по условию его осадки.

Максимальное расчетное ускорение колебаний грунта откоса зависит, в общем случае, от величины и продолжительности воздействия динамической нагрузки, толщины плиты и прослойки крупнозернистого материала между креплением и откосом, сложенным мелким песком, а

также от упругих характеристик материала плиты и подплитного основания.

Величины максимальных расчетных ускорений колебаний грунта откоса  $a_p$ , вычисленные в соответствии с методикой, изложенной ниже в настоящем приложении, приведены на графиках черт.3-8. Значения критических ускорений зависят от физико-механических свойств грунта, коэффициента откоса  $m_1$ , а также от направления динамического воздействия и величины пригрузки на грунт в момент навала волны.

В типовых материалах для проектирования толщина железобетонных плит креплений принята удовлетворяющей условиям (1) и (2).

Методика расчета составлена применительно к следующим характеристикам и условиям работы креплений:

- коэффициент откоса  $m_1 = 2,5 \dots 4,0$ ;
- толщина крепления  $\delta = 0,10 \dots 0,20$  м;
- расчетная высота ветровой волны  $h_{1\%} \leq 1,5$  м;
- пологость волны  $\frac{h}{h_{1\%}} = 8 \dots 20$ .

Расчет в соответствии с нижеприведенной методикой может быть произведен при условии:

$$\frac{3\pi \cdot E_T \cdot b_{\delta l} \cdot (1 - \nu_{ж.б.}^2)}{E_{ж.б.} \cdot \delta^3 \cdot (1 - \nu_T^2)} \geq 10, \quad (3)$$

где  $E_T$  — модуль деформации мелкого песка, слагающего откос,

$$E_T = 4 \cdot 10^3 \frac{тс}{м^2};$$

$E_{ж.б.}$  — модуль упругости железобетона,

$$E_{ж.б.} = 2,35 \cdot 10^6 \frac{тс}{м^2};$$

х) Методика составлена в соответствии с "Руководством по проектированию береговых укреплений на внутренних водоемах" Гипрокоммунстрой.

М.1984 г.

2283/2



$\nu_{\Gamma}$  - коэффициент Пуассона мелкого песка,  $\nu_{\Gamma} = 0,3$ ;  
 $\nu_{ж.б.}$  - коэффициент Пуассона железобетона,  $\nu_{ж.б.} = 0,2$ ;  
 $\delta$  - толщина плиты, м;  
 $b_{\text{пл}}$  - длина плиты (секции) в направлении, нормальном урезу

воды, м.

I. Максимальное расчетное ускорение колебаний грунта откоса на контакте с подстилающей плиты крепления крупнозернистой прослойкой определяется по формуле:

$$\alpha_p = S_0 \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \alpha_{\text{граф}} \cdot n^3 \cdot e^{-0,4 \cdot \xi}, \quad \text{м/с}^2 \quad (4)$$

где  $S_0$  - ударный импульс, воздействующий на полосу крепления шириной  $l$  м при фронтальном подходе волны к откосу, определяется по табл. I;

$\nu_1$  - коэффициент, учитывающий распределение ударного импульса вдоль откоса в направлении уреза воды, определяется по табл. 2;

$\nu_2$  - коэффициент, учитывающий изменение ударного импульса в зависимости от угла подхода ( $\theta$ ) волны к откосу, приводится в табл. 3;

$e$  - основание натуральных логарифмов;

$\xi$  - толщина подстилающей прослойки между креплением и откосом, сложенным мелким песком, м;

$\alpha_{\text{граф}}$  - определяется по графику черт. I в зависимости от заданной толщины плиты  $\delta$  и показателя  $N$ ,  $\frac{\text{м}}{\text{тс}^3}$ ;

$n$  - поправочный коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = 1,35 \cdot \sqrt{K_I}; \quad (5)$$

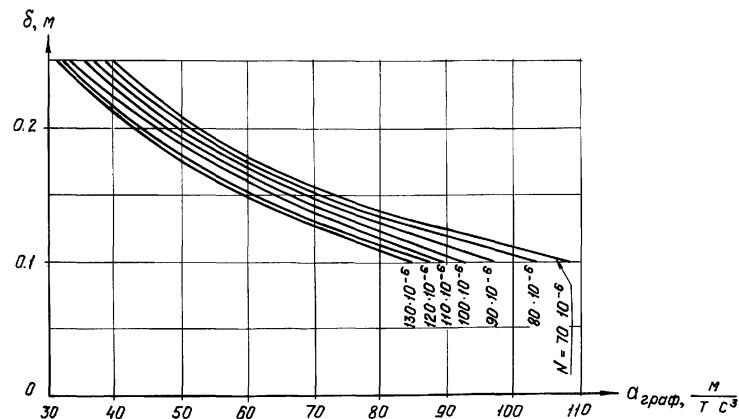
$K_I$  - средневзвешенное значение коэффициента затухания колебаний для подлитной толщи грунта  $t_{\Gamma}$ , колеблющейся совместно с железобетонной плитой.

Значение средневзвешенного коэффициента затухания колебаний в общем случае определяется по зависимости:

$$K_1 = \frac{K_{\Phi} \cdot t_{\Phi} + K_{\Pi} \cdot t_{\Pi} + K_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}}{t_{\Phi} + t_{\Pi} + t_{\Gamma}}, \quad (6)$$

где  $K_{\Phi}$ ,  $K_{\Pi}$ ,  $K_{\Gamma}$  - соответственно коэффициенты затухания колебаний в обратном фильтре, подушке из песка крупной или средней крупности и в вовлекаемой в колебания толще мелкого песка;

$t_{\Phi}$ ,  $t_{\Pi}$ ,  $t_{\Gamma}$  - соответственно толщины обратного фильтра, подушки из песка крупной или средней крупности и мелкого песка, вовлекаемого в колебания, м.



Черт 1

Толщина обратного фильтра  $t_{\Phi}$  определяется соответствующими расчетами (см. методику по проектированию обратных фильтров под верхними откосами плотин), толщина подушки из песка крупной или средней крупности  $t_{\Pi}$  вводится при повторном пересчете, если толщина обратного фильтра не обеспечивает динамической устойчивости мелкого песка откоса при толщине железобетонного крепления, назначенной по условиям устойчивости и прочности.

Значения коэффициентов затухания колебаний  $K$  в зависимости от

2283/2

вида грунта принимаются:

- для песков мелких -  $K_{\Gamma} = 0,5 \dots 0,6$ ;
- для песков крупных и средней крупности -  $K_{\Pi} = 0,45 \dots 0,55$ ;
- для щебня, гравия -  $K_{\text{Щ}} = 0,35 \dots 0,45$ ;
- для обратного фильтра -  $K_{\text{Ф}} = 0,4 \dots 0,5$ .

Общая толща колеблющегося подплитного слоя определяется по формуле:

$$t'_{\Gamma} = \frac{I \cdot 6}{K_{\Gamma}}, \text{ м.} \quad (7)$$

Толща вовлекаемого в колебания мелкого песка определяется по формуле:

$$t_{\Gamma} = t'_{\Gamma} - (t_{\text{Ф}} + t_{\Pi}), \text{ м.} \quad (8)$$

Толщина прослойки между креплением и откосом определяется по зависимости:

$$z = t_{\text{Ф}} + t_{\Pi}, \text{ м.} \quad (9)$$

Показатель  $N$  находится по формуле:

$$N = \frac{\sqrt{E_{\text{ж}} \delta}}{E_1^2}, \quad (10)$$

где  $E_{\Gamma}$  - средневзвешенное значение модуля деформации колеблющейся подплитной толщи грунта  $t'_{\Gamma}$ ,  $\frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$  - определяется в общем виде по формуле:

$$E_1 = \frac{E_{\text{Ф}} \cdot t_{\text{Ф}} + E_{\Pi} \cdot t_{\Pi} + E_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}}{t_{\text{Ф}} + t_{\Pi} + t_{\Gamma}} \quad (11)$$

Принятые значения модуля деформации грунтов:

- песка мелкого водонасыщенного -  $4 \cdot 10^3 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$ ;
- песка средней крупности и крупного -  $5 \cdot 10^3 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$ ;
- обратного фильтра толщиной 0,2 ... 0,4 м по песку мелкому водонасыщенному -  $4 \cdot 10^3 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$

Таблица 1

Поло- гость волны $\frac{\lambda}{h_{1\%}}$	Глубина воды у сооруже- ния $H_{\text{Н}}$ м	Ударный импульс $S_0$ , при высоте волны $h_{1\%}$ , м					
		I, 0			I, 5		
		коэффициент откоса $m_1$			коэффициент откоса $m_1$		
		2,5	3,0	4,0	2,5	3,0	4,0
3	5 ... 15	0,0046	-	-	0,0096	-	-
8	5 ... 15	-	0,0046	0,0044	-	0,01	0,0092
10	5 ... 15	0,0048	0,0048	0,0046	0,0107	0,0107	0,0102
12	5	0,005	0,005	0,0048	0,0110	0,0110	0,0102
	8 ... 15	0,005	0,005	0,0048	0,0111	0,0110	0,0106
15	5	0,0052	0,0051	0,005	0,0112	0,0111	0,0109
	8	0,0052	0,0052	0,005	0,0114	0,0113	0,0110
	10 ... 15	0,0052	0,0052	0,005	0,0114	0,0114	0,0110
20	5	0,0055	0,0055	0,0052	0,0121	0,0120	0,0116
	8 ... 15	0,0055	0,0055	0,0052	0,0122	0,0121	0,0116

Таблица 2

Сторона плиты в направле- нии уреза воды $l_{\text{ст}}$ , м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
$\alpha_1$	0,97	0,94	0,91	0,88	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64

Таблица 3

Высота волн $h_{1\%}$ , м	$\alpha_2$ при угле подхода волны $\theta$							
	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
I, 0	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	I

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

94

Альбом 1, 4, II  
820-04-28.87

Продолжение табл.3

Высота волны $\eta_{I\%}$ , м	$\tau_2$ при угле подхода волны $\theta$							
	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
I,5	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,95	I

2. Критическое ускорение колебаний песка по условию его осадки определяется по формуле:

$$a_{кр.0} = (C_I \cdot a_0 + C_2 \cdot p) \cdot (I - 0,8 \cdot \sin \beta), \text{ м/с}^2, \quad (I2)$$

где  $\beta$  - угол наклона верхового откоса к горизонту;

$C_I$  - поправочный коэффициент, зависящий от заложения откоса, приводится в табл.4;

$C_2$  - коэффициент пропорциональности;  $C_2 = 0,18 \frac{\text{м}^3}{\text{тс}^2}$  ;

$a_0$  - критическое ускорение колебаний песка по условию осадки в одномерной задаче при вертикальном приложении возмущающей силы и отсутствии внешней пригрузки на грунт, м/с<sup>2</sup>.

Для назначения величины критического ускорения мелких песков  $a_0$  использованы данные исследований З7-ми разновидностей мелких песков, проведенных ЛИСИ,<sup>х)</sup> и I3-ти разновидностей песков, исследованных ЦНИИС.<sup>хх)</sup>

На графике, помещенном в пояснительной записке, черт.10.1, представлены огибающие кривых гранулометрического состава исследованных мелких песков, имеющих критическое ускорение  $a_0 = 0,4 \text{ м/с}^2$  при

х) Отчет: "Результаты научных исследований по установлению величины критического ускорения колебаний применительно к мелким пескам", составленный на кафедре "Основания, фундаменты и механика грунтов", ЛИСИ, 1974 г.

хх) "Методические указания по расчету устойчивости плит откосных креплений и подстилающего песчаного слоя на воздействие волн" ВНИИ Транспортного строительства. М 1968 г.

относительной плотности их  $D = 0,6$ , принятой для тела земляной плотины.

Таблица 4

Коэффициент откоса $m_1$	2,5	3	4
$C_I$	0,8	0,83	0,85

$P$  - нормальное давление на грунт в момент навала волны под максимальной ординатой волнового давления;

$$P = \frac{0,67 P_{н.макс} \cdot \tau_2}{\tau_3} + [(\rho_{ж.д} - \rho_b) \cdot \delta + \rho_{ж.д} \cdot z] \cdot \cos \beta, \quad \text{тс/м}^2; \quad (I3)$$

$P_{н.макс}$  - максимальная ордината давления при навале волны на плиту и фронтальном подходе волны к откосу, тс/м<sup>2</sup>, определяется по таблице 5.

Таблица 5

Поло- гость волны $\eta/h_{I\%}$	Глубина воды у сооруже- ния $H_N$ м	Давление навала волны $P_N$ макс., тс/м <sup>2</sup> при высоте волны $\eta_{I\%}$ , м					
		I,0			I,5		
		коэффициент откоса $m_1$			коэффициент откоса $m_1$		
		2,5	3,0	4,0	2,5	3,0	4,0
8	5	1,71	1,81	1,91	2,56	2,58	2,76
	8 ... I5	1,71	1,81	1,91	2,56	2,70	2,77
I0	5	1,71	1,82	1,92	2,56	2,67	2,80
	8 ... I5	1,72	1,82	1,92	2,57	2,71	2,82
I2	5	1,72	1,82	1,95	2,58	2,67	2,82
	8	1,73	1,83	1,95	2,59	2,72	2,85
	10 ... I5	1,73	1,83	1,95	2,59	2,72	2,86

Имя, №подл. Подпись и Дата Взам. инв. №

2283/2

Продолжение табл.5

Поло- гость волны $\lambda/h_{1\%}$	Глубина воды у сооруже- ния $H_H$ м	Давление навала волны $P_H$ макс, тс/м <sup>2</sup> при высоте волн $h_{1\%}$ , м					
		1,0			1,5		
		коэффициент откоса $m_1$			коэффициент откоса $m_1$		
		2,5	3,0	4,0	2,5	3,0	4,0
15	5	1,76	1,87	2,00	2,62	2,76	2,89
	8	1,77	1,88	2,02	2,64	2,78	2,92
	10 ... 15	1,77	1,88	2,02	2,65	2,79	2,96
20	5	1,86	1,97	2,12	2,73	2,88	3,05
	8	1,87	1,98	2,13	2,74	2,90	3,08
	10	1,87	1,99	2,13	2,74	2,90	3,11
	15	1,87	1,99	2,13	2,74	2,90	3,13

$\rho_{ж.б.}$  - плотность материала плиты, т/м<sup>3</sup>;

$\rho_b$  - плотность воды,  $\frac{т}{м^3}$ ;

$\rho_z$  - средневзвешенная плотность подстилающего слоя в воде,  $\frac{т}{м^3}$ ;

$$\rho_{ж.б.} = 2,5 \frac{т}{м^3}; \quad \rho_b = 1 \frac{т}{м^3}; \quad \rho_z = 1 \frac{т}{м^3};$$

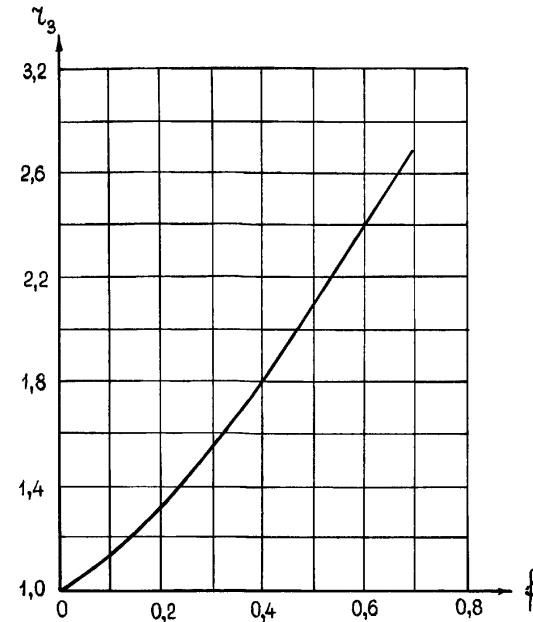
$\tau_3$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние упругих свойств материала плиты и подстилающего слоя на возникающие от волновой нагрузки давления в грунте, определяется по графику черт.2 в зависимости от показателя  $f$ ;

$$f = \frac{\delta}{\tau_2 \cdot h_{1\%}} \cdot \sqrt{\frac{E_{ж.б.}}{12 \cdot E_1}} \quad (I4)$$

Значения величин  $1,2 \cdot \alpha_{кр.0}$  приведены на графике черт.3 - 8.

3. Критическое ускорение колебаний песков по условию смещения частиц грунта по откосу определяется по зависимости:

$$\alpha_{кр.с} = g \cdot \frac{\rho_s - \rho_b}{\rho_s} \cdot \left(1 - \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \varphi}\right) \cdot \cos \beta, \quad \text{м/с}^2 \quad (I5)$$



Черт.2

где  $\rho_s$  - плотность частиц грунта,  $\frac{т}{м^3}$ ;

$\varphi$  - угол внутреннего трения мелкого песка тела плотины;

$$\rho_s = 2,65 \frac{т}{м^3}; \quad \rho_b = 1 \frac{т}{м^3};$$

Величины критического ускорения колебаний мелких песков по условию смещения частиц по откосу в зависимости от заложения верхового откоса, угла внутреннего трения и плотности частиц мелкого песка приведены в табл.6.

2283/2

Таблица 6

$\psi$ , град	$a_{кр.с}, \frac{M}{с^2}$			
	при $m_1$			
	2,5	3,0	3,5	4
28	1,41	2,16	2,72	3,14
30	1,74	2,48	2,96	3,36
31	2,00	2,62	3,08	3,46
32	2,04	2,71	3,18	3,56

4. Толщина железобетонных плит крепления проверяется по условию динамической устойчивости основания:

$$a_p \leq 0,6 \times a_{кр.с} \quad (1) \quad \text{и} \quad a_p \leq 1,2 \times a_{кр.о} \quad (2)$$

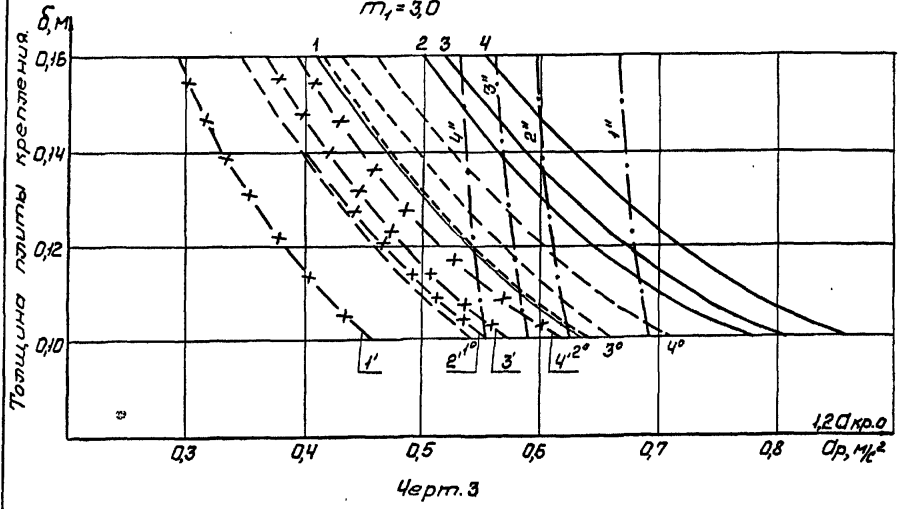
На графиках черт.3-8 точки пересечения кривых соответствуют условию  $a_p = 1,2 \times a_{кр.о}$ , при котором возможно применение плит расчетной толщины при заданной толщине подстилающего слоя без нарушения динамической устойчивости мелких песков, слагающих откос.

Львов Г, ч. II

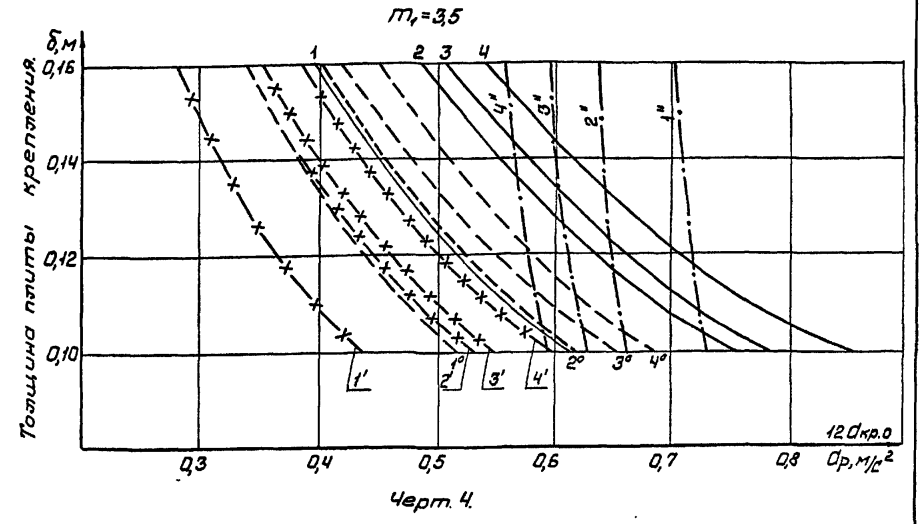
ТПР 820-04-2887

Максимальные расчетные и минимальные критические ускорения колебаний мелкого песка под плитами креплений верховых откосов при высоте волны  $h_{н0} = 1,5 м$ .

1. Крепление из сборных железобетонных плит, монолитических в секции.  
 $m_1 = 3,0$

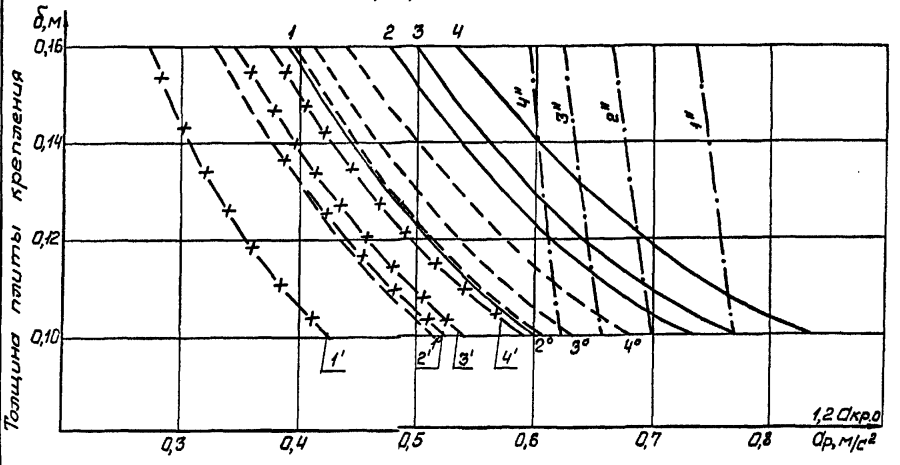


Черт. 3



Черт. 4

$m_1 = 4,0$



Черт. 5

- 1, 1', 1' - Плиты на обратном фильтре  $t_f = 0,2 м$  на песчаной подушке толщиной  $0,8 м$ .
- 2, 2', 2' - Плиты на обратном фильтре  $t_f = 0,2 м$  на песчаной подушке толщиной  $0,4 м$ .
- 3, 3', 3' - Плиты на обратном фильтре  $t_f = 0,4 м$ .
- 4, 4', 4' - Плиты на обратном фильтре  $t_f = 0,2 м$ .
- — — Максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка при  $l_{sl} = 13,0 м$ .
- - - - Максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка при  $l_{sl} = 22,0 м$ .
- x- - Максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка при  $l_{sl} = 31,0 м$ .
- — — Минимальные критические ускорения колебаний мелкого песка  $1,2 σ_{кр.0}$ .
- $l_{sl}$  - Размер плиты вдоль уреза воды.

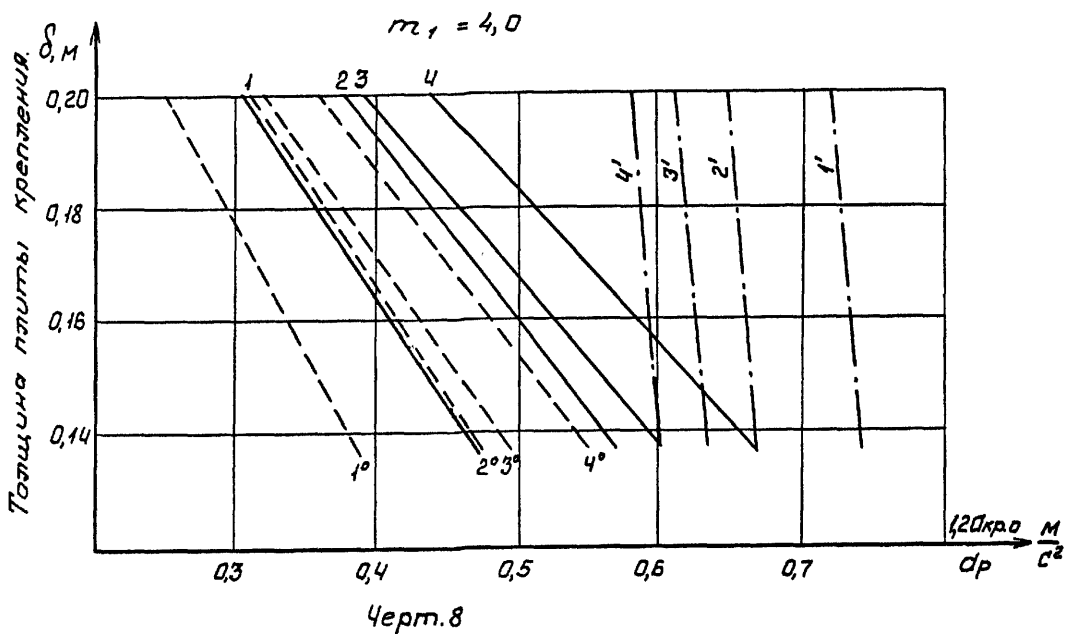
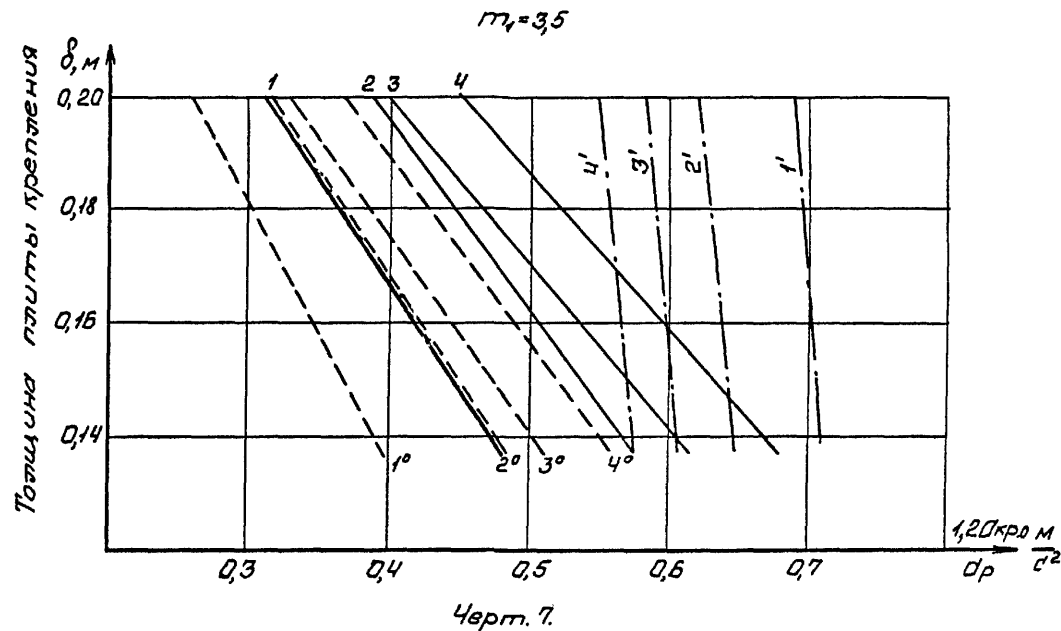
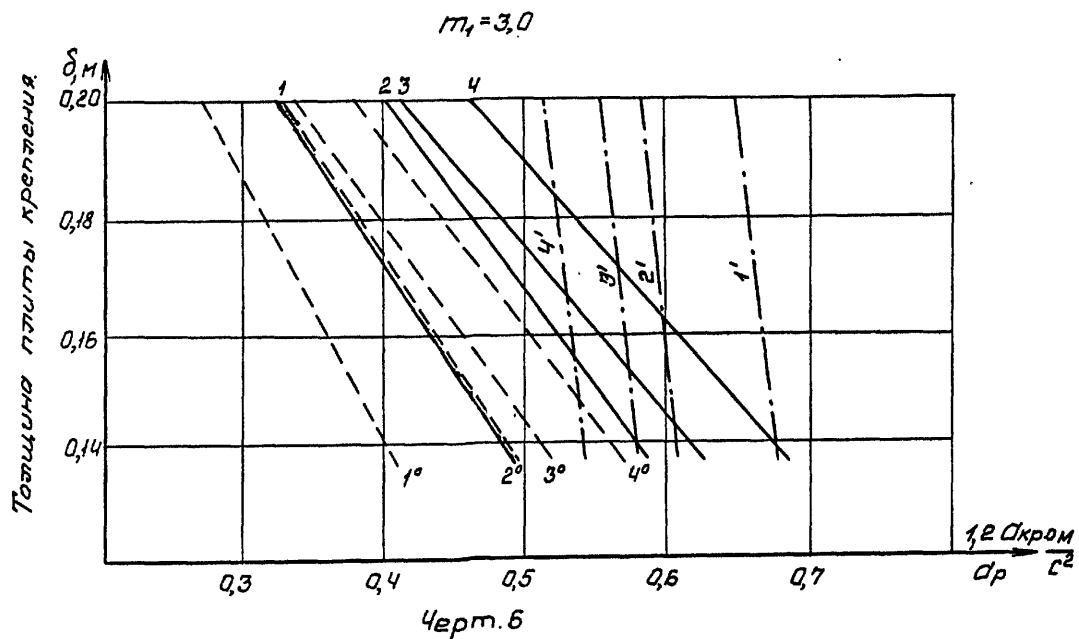
Шифр подл. Подпись и дата Взам. инв. №

Копировано

2283/2

2. Крепление из монолитного железобетона.

820-04-28.87 Альбом I, ч. II



- 1, 1', 1' - плиты на песчаной подушке толщиной 1,0 м.
- 2, 2', 2' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,6 м.
- 3, 3', 3' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,4 м.
- 4, 4', 4' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,2 м.
- - максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка  $d_p$  при  $l_{se} = 10,0$  м.
- - максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка  $d_p$  при  $l_{se} = 20,0$  м.
- · - · - минимальные критические ускорения колебаний мелкого песка 1,20 кро.

Имб. № по вх. Подпись и дата. Взам. имб. №.

2283/2

820-04-28.87	ПЗ	Лист 99
--------------	----	------------

Копирован. С. С. У.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ В ПЛИТЕ КРЕПЛЕНИЯ ВЕРХОВОГО  
ОТКОСА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИМЕРЗШЕГО ЛЬДА

1. Определяются нагрузки на плиты крепления от воздействия примерзшего ледяного покрова при изменении уровня воды: изгибающий момент  $M_{\text{л}}$  и вертикальная нагрузка  $F_{\text{д}}$ . Расчет производится в соответствии со СНиП 2.06.04-82 "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" (п.5.12 и 5.13).

2. Определяется расчетный изгибающий момент в плите  $M_{\text{пл}}$  от действия примерзшего льда, согласно указаниям по проектированию судоводных каналов (ВСН-3-70) по формуле:  
Минречфлота РФСР

$$M_{\text{пл}} = M_{\text{Г}} \pm M_{\text{2}}^{\text{х}} + M_{\text{3}}, \text{ Нм} \quad (1)$$

где  $M_{\text{Г}}$  - максимальный изгибающий момент в плите в Нм от действия  $M_{\text{л}}$ , определяемый по формуле (2) с учетом жесткости примерзшего льда;

$M_{\text{2}}^{\text{х}}$  - максимальный изгибающий момент в плите в Нм от нормальной составляющей вертикальной силы  $P_{\text{н}} = F_{\text{д}} \cdot \cos \alpha$ , определяемый из расчета плиты как полосы на упругом основании без учета увеличения жесткости за счет примерзшего льда;

$M_{\text{3}}$  - изгибающий момент в Нм от действия собственного веса плиты, определяемый также из расчета плиты как полосы на упругом основании без учета увеличения жесткости за счет примерзшего льда.

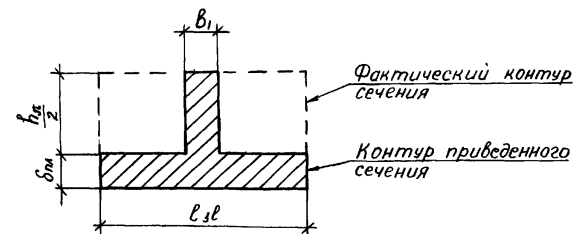
3. Максимальный изгибающий момент  $M_{\text{Г}}$  определяется по формуле:

$$M_{\text{Г}} = \frac{M_{\text{л}} \cdot J_{\text{пл}}}{J_{\text{пл}} \cdot J_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

х) Изгибающий момент  $M_{\text{2}}$  принимается со знаком + при понижении уровня воды и со знаком - при повышении уровня воды.

где  $J_{\text{пл}}$  - момент инерции сечения плиты в  $\text{м}^4$ ;

$J_{\text{пр}}$  - момент инерции приведенного сечения плиты, показанного на черт. I, в  $\text{м}^4$ , определяемый с учетом жесткости примерзшего к ней льда.



Черт. I

На черт. I:

$\delta_{\text{пл}}$  - толщина плиты в м;

$h_{\text{max}}$  - расчетная толщина льда в м;

$l_{3l}$  - ширина расчетного сечения плиты, принимаемая равной

I м;

$$b_{\text{I}} = l_{3l} \cdot \frac{E_{\text{л}}}{E_{\text{ж.б.}}};$$

$E_{\text{л}}$  - модуль упругости льда, принимаемый равным 4000 МПа (40000 кгс/см<sup>2</sup>);

$E_{\text{ж.б.}}$  - модуль упругости железобетона.

2283/2



## ПРИЛОЖЕНИЕ I2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ ТЕЛА ПЛОТИНЫ И ЕЕ ОСНОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ  
ПРОЕКТА ПЛОТИНЫ

Характеристика грунта	Основание плотины	Тело плотины
Зерновой состав	+	+
Влажность грунта на границе текучести и раскатывания, Число пластичности. Показатель текучести	+	+
Плотность частиц грунта	+	+
Плотность грунта в естественном залегании	+	-
Плотность сухого грунта в естественном залегании	+	+
Плотность сухого грунта, проектная	-	+
Влажность грунта в естественном залегании	+	+
Оптимальная влажность	-	+
Коэффициент фильтрации в естест- венном залегании	+	-
Коэффициент фильтрации грунта, уплотненного до проектной плотности	-	+
Угол внутреннего трения в естест- венном залегании	+	-
Угол внутреннего трения грунта тела плотины при проектной плотности	-	+
Удельное сцепление грунта в естест- венном залегании	+	-

Характеристика грунта	Основание плотины	Тело плотины
Удельное сцепление грунта тела плотины при проектной плотности	-	+
Коэффициент пористости в естест- венном залегании	+	+
Коэффициент пористости грунта, уплотненного до максимальной плотности	-	+
Максимальный коэффициент уплот- нения глинистого грунта	+	-
Содержание в грунте водораство- римых солей, органических приме- сей и степень их разложения	+	+
Коэффициент консолидации (наименьший)	+	

- ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Характеристики грунтов устанавливаются в соответ-  
ствии с указаниями глав СНиПа по инженерным изыс-  
каниям для строительства и по проектированию осно-  
ваний гидротехнических сооружений, а также другими  
нормативными документами.
2. Знаком + отмечены характеристики, подлежащие  
определению.

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

101

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ КАРЬЕРНОГО ГЛИНИСТОГО ГРУНТА, ПРОВОДИМЫХ  
С ЦЕЛЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПЛОТНОСТИ ГРУНТА ТЕЛА ПЛОТИНЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

А. Методика, рекомендуемая ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева

Методика составлена в соответствии с "Руководством по лабораторному определению оптимальных значений влажности и объемного веса скелета связных грунтов, применительно к уплотнению катками" ПЗ7-75. ВНИИГ

1. Производятся компрессионные испытания карьерного грунта нарушенной структуры при начальной влажности, равной влажности на границе текучести, в результате которых строится компрессионная кривая  $e = f(\sigma)$ , где  $\sigma$  - нагрузка, передаваемая на грунт.

2. Определяется значение коэффициента пористости  $e$  (по компрессионной кривой), соответствующее максимальной нагрузке на грунт, создаваемой конкретным уплотняющим механизмом -  $\sigma_{max}$ .

3. Максимальная нагрузка на грунт в зависимости от типа уплотняющего механизма определяется по формулам:

$$\text{для катков с гладким вальцом} \quad \sigma_{max} = \sqrt{\frac{q \cdot E_0}{R}}, \text{ Па} \quad (1)$$

$$\text{для пневмокатков} \quad \sigma_{max} = 1,44 \frac{P_k}{\Pi^2}, \text{ Па} \quad (2)$$

где  $q$  - удельное линейное давление от катка, Н/м;

$R$  - радиус вальца катка, м;

$E_0$  - модуль деформации грунта, Па.

Для глинистых грунтов оптимальной влажности  $E_0$  принимается равным  $150 \dots 200 \cdot 10^5$  Па;

$P_k$  - общая нагрузка на колесо, Н;

$\Pi$  - ширина протектора шины, равная  $(0,7 \dots 0,8) \cdot B$ , м;

$B$  - ширина профиля шины, м;

1,44 - коэффициент, учитывающий эллипсовидность площади контакта колеса с поверхностью уплотненного грунта.

Значения  $q$  и  $R$  принимаются по таблице I, значения  $P$ ,  $\Pi$  и  $B$  - по таблице 2.

4. За оптимальное (проектное) значение плотности сухого грунта принимается величина

$$\rho_{dopt} = \frac{\rho_s}{1+e}, \quad (3)$$

где  $\rho_s$  - плотность частиц грунта ( $\text{г/см}^3$ ).

5. Оптимальная влажность грунта определяется из условия, что для принятого значения плотности сухого грунта коэффициент водонасыщения составляет  $0,85 \dots 0,90$  по формуле:

$$w_{opt} = (0,85 \dots 0,90) \left( \frac{1}{\rho_{dopt}} - \frac{1}{\rho_s} \right) \rho_s \cdot 100. \quad (4)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Расчетные прочностные характеристики грунта нарушенной структуры (уложенного в тело плотины) определяются при оптимальном (проектном) значении плотности сухого грунта и полном его водонасыщении, что соответствует условиям работы грунта в теле сооружения.

Б. Методика, рекомендуемая Ленгипроводхозом

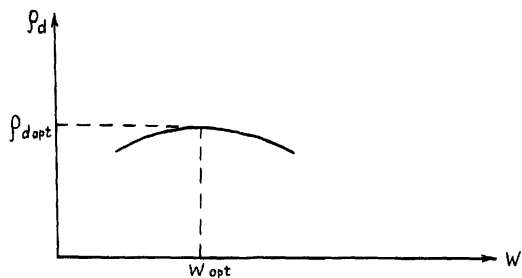
1. Определение максимальной плотности и оптимальной влажности (по стандартному методу, ГОСТ 22733-77).

Максимальная плотность грунта (характеризуемая плотностью сухого грунта), получаемая при затрате стандартной или рациональной работы на его уплотнение, и влажность, соответствующая максимальной плотности, определяются на основании лабораторных испытаний грунта по методу стандартного уплотнения в приборе типа СоюздорНИИ.

В результате испытаний составляется кривая зависимости плотности от влажности грунта (черт.1); за оптимальную влажность  $w_{opt}$  принимают

2283/2

влажность, при которой получилась максимальная плотность.



Черт. I

2. Определение зависимости прочностных характеристик грунта тела плотины от его плотности

$$\varphi = f_1(\rho_d) \quad \text{и} \quad c = f_2(\rho_d).$$

При отсыпке плотины достигнуть максимальной плотности не всегда представляется возможным, в то же время для получения устойчивых откосов в ряде случаев достаточна плотность несколько меньшая, чем максимальная, определенная по стандартному методу.

В связи с этим предлагается при лабораторных исследованиях карьерного грунта определять зависимости прочностных характеристик грунта от его плотности  $\varphi = f_1(\rho_d)$  и  $c = f_2(\rho_d)$ .

Для определения указанных зависимостей проводятся испытания грунта при значениях его плотности сухого грунта, равных  $0,95 \rho_{d \text{ opt}}$ ,  $0,90 \rho_{d \text{ opt}}$  и  $0,85 \rho_{d \text{ opt}}$ , где  $\rho_{d \text{ opt}}$  — максимальная плотность, полученная по стандартному методу (см. п. I).

3. Рекомендуется следующая последовательность проведения исследований:

а) карьерный грунт в воздушно-сухом состоянии просеивается через сито с отверстиями 0,5 мм и доводится до оптимальной влажности;

б) сдвиговые кольца заполняются этим грунтом.

Количество сдвиговых колец принимается 9, из расчета по 3 кольца на каждое значение плотности сухого грунта.

Для получения требуемой плотности кольца заполняются грунтом постепенно (вначале на 1/3, затем на 2/3); при этом производится уплотнение грунта ступкой диаметром на 1 мм меньшим, чем внутренний диаметр кольца.

Вес грунта, который должен быть помещен в каждое сдвиговое кольцо, при уплотнении его до требуемой величины  $\rho_d$  (равной  $0,95 \rho_{d \text{ opt}}$ ,  $0,90 \rho_{d \text{ opt}}$  и  $0,85 \rho_{d \text{ opt}}$ ) определяется по формуле:

$$P = \rho \cdot V, \quad (5)$$

где  $V$  — объем грунта в кольце;

$\rho$  — плотность грунта, определяемая по формуле:

$$\rho = \rho_d(1 + 0,01 w_{\text{opt}}), \quad (6)$$

$\rho_d$  — плотность сухого грунта, принимаемая равной  $0,95 \rho_{d \text{ opt}}$ ,  $0,90 \rho_{d \text{ opt}}$  и  $0,85 \rho_{d \text{ opt}}$ ;

$w_{\text{opt}}$  — оптимальная влажность.

Производится определение расчетных прочностных характеристик ( $\varphi$  и  $c$ ) грунта, уплотненного до указанных выше значений плотности сухого грунта.

Испытания производятся при полном водонасыщении грунта по стандартной методике быстрого сдвига, при приложении к образцам нормальных нагрузок 1, 2 и 3 кгс/см<sup>2</sup> (100, 200 и 300 кПа).

Для определения сопротивления сдвигу методом одноплоскостного среза чаще всего используют прибор Маслова-Лурье в модернизации Гидро-проекта. С помощью этого прибора определяется сопротивление сдвигу образца породы диаметром 71,4 мм и высотой 40 мм.

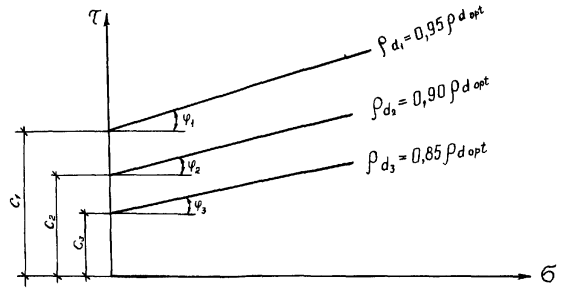
Время проведения быстрого сдвига, как правило, не превышает 10 мин;

2233/2

Альбом 1, ч. II  
870-04-28.87

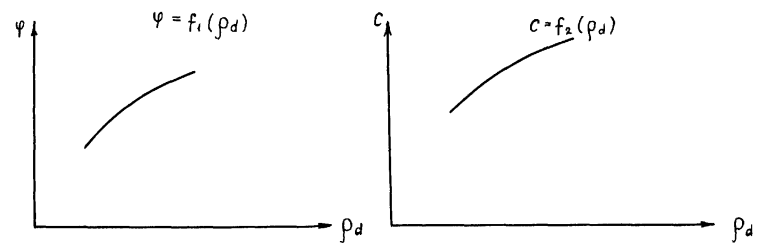
увеличение сдвигающей нагрузки производят не дожидаясь прекращения деформации от предыдущей ступени. Выбранная схема испытания соответствует работе грунта в теле сооружения.

На основании полученных данных исследований строятся диаграммы сдвига для трех значений  $\rho_d$  :



Черт.2

Строятся графики зависимости  $\psi = f_1(\rho_d)$  и  $c = f_2(\rho_d)$



Черт.3

Черт.4

Количество образцов грунта, отбираемых из карьера для лабораторных исследований с целью определения его проектной плотности и расчетных прочностных характеристик, и методы обработки опытных данных принимаются по соответствующим нормативным документам.

Мин.Период: Подпись и дата Взам.инв.№

Техническая характеристика самоходных катков  
с гладкими вальцами<sup>х)</sup>

Таблица I

Таблица I (продолжение)

Показатели	ДУ-II	ДУ-50	ДУ-I	ДУ-8В	ДУ-18	ДУ-48А	ДУ-9В	ДУ-49А	Показатели	ДУ-II	ДУ-50	ДУ-I	ДУ-8В	ДУ-18	ДУ-48А	ДУ-9В	ДУ-49А
Масса, т:									Дорожный просвет, м	0,8	0,4	0,5	0,32	0,25	0,3	0,32	0,28
без балласта	6,4	6,5	1,0	8,0	10,0	10,0	10,3	11,0	Скорости передвижения (вперед и назад), м/с:								
с балластом	-	8,0	-	13,0	13,0	13,0	18,0	18,0		на первой передаче	0,67	0,76	0,61	до 0,65	0,5... 1,05	до 0,54	до 0,65
Ширина уплотняемой полосы, м	1,8	1,8	1,8	1,3	1,8	1,85	1,3	1,3	на второй передаче	0,98	2,17	0,75	до 1,46	0,97... 2,1	до 1,2	до 1,46	до 1,46
Число осей	2	2	2	2	2	2	3	3	транспортная	1,94	2,17	1,47	до 2,2	-	до 1,8	до 2,2	до 2,2
Вальцы:									Двигатель								
передние	1	1	1	1	1	1	1	1	тип	Д-37М	ДЗ7-Е-С1	СМД-7К	Д-37Е-С1	СМД-7К	Д-37Е-С1	СМД-7К	Д-37Е-С1
средние	-	-	-	-	-	-	1	1	мощность	30 кВт	37кВт	37кВт	37кВт	37кВт	37кВт	37кВт	37кВт
задние ведущие	2	2	2	1	2	1	1	1	Габаритные размеры, м								
управляемые	1	1	1	1	1	1	2	2	длина	4,22	5,15	4,9	4,32	5,06	5,01	6,08	6,52
Диаметр вальцов, м:									ширина	1,8	1,85	1,8	2,07	1,82	1,85	1,9	2,04
переднего	0,9	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,3	1,3	высота	6,4	3,0	2,5	2,5	1,86	3,0	2,5	3,41
среднего	-	-	-	-	-	-	1,3	1,3	Изготовитель	Рыбинский ордена "Знак почета" завод дорожных машин							
заднего	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3									
Длина вальцов, м:																	
переднего	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,3	1,3									
среднего	-	-	-	-	-	-	1,3	1,3									
заднего	0,5	0,5	0,5	1,3	0,5	0,5	1,3	1,3									
Линейное давление вальцов с балластом, кгс/см		50		60		75	60	80									
Радиус поворота по внутреннему следу, м	3,0	3,0	3,6	3,6	3,6	3,6	4,3	4,5									

х) Катки предназначены для уплотнения дорожных покрытий.

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист  
105

Таблица 2

## Техническая характеристика катков на пневматических шинах

Показатели	ДУ-30	ДУ-39А	ДУ-37Б	ДУ-16В	ДУ-21	ДУ-31А	ДУ-29
Тип катка	Прицепные		Полуприцепные			Самоходные	
Масса катка, т							
без балласта	4,0	6,0	13,0	25,4	27,8	8,44	23,0
с балластом	12,5	25,0	22,75	35,9	56,7	16,0	30,0
Количество шин катка	5	5	5	5	4	3 передних 4 задних	3 передних 4 задних
Размер шин <sup>х)</sup> , дюйм	12,00x20	14x20	14x20	передних 26x25 задних 21x28	передних 27x33 задних 18x28	12,00x20 32x20	14x20 32x20
Давление в шинах, кПа	500...600	350...700	200...400	передних 300 задних 200...425	передних 250...350 задних 200...425	300...550	350...1000
Скорость передвижения, м							
рабочая	до 1,4	до 1,4	до 3	до 4,2	до 4,2	0,2...5,7	до 6,4
транспортная	до 6,9	до 6,9	-	-	-	-	-
Ширина уплотняемой полосы, м	2,2	2,6	2,61	2,6	2,68	1,9	2,22
Габаритные размеры, м							
длина	5,3	5,77	10,1	10,1	10,87	5,3	6,16
ширина	2,34	2,85	2,92	2,92	3,23	1,93	2,89
высота	1,82	2,0	2,3	2,8	3,665	3,15	3,41
Тяговые средства в рабочем положении	трактор Т-74 или Т-75	трактор Т-100М	тягач Т-180	тягач МОАЗ-546П	тягач БелАЗ-531	-	-
Изготовитель	Кременчугский завод дорожных машин	Коростенский завод дорожных машин	Коростенский завод дорожных машин "Октябрьская кузница"			Орловский завод дорожных машин	

х) Первая цифра указывает ширину профиля шины "В" в дюймах.

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

106

ПРЕДЕЛЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ПЛОТИНЫ НА ВОДОНАСЫЩЕННОМ ГЛИНИСТОМ ОСНОВАНИИ<sup>X)</sup>

При расположении плотины на водонасыщенном глинистом грунте в основании плотины может возникнуть избыточное поровое давление, которое при расчетах общей устойчивости верхового и низового откосов и осадки плотины должно быть учтено.

Поэтому применимость типовых материалов для проектирования в каждом частном случае должна быть проверена по условию отсутствия недопустимого по величине порового давления в грунте основания.

Пределы применения проекта для плотин на водонасыщенном глинистом основании в зависимости от его характеристик приведены в таблице I, где:

$\alpha_{max}$  - максимальный коэффициент уплотнения,

$S_{v,in}$  - степень влажности,

$C_{v,min}$  - наименьшее значение коэффициента консолидации, величину  $C_{v,min}$  рекомендуется определять экспериментально.

Таблица I составлена для начального значения коэффициента пористости  $e_{in} = 0,6$  и  $I,0$ .

В расчетах принято, что время возведения плотины на полную высоту (при равномерной интенсивности ее отсыпки) составляет  $t = 4$  или 6 месяцев.

Зона применимости проекта, указанная в таблице I, установлена по условию, что коэффициент порового давления  $\tau_{u,max}$  в период строительства в толще слабого водонасыщенного грунта основания глубиной  $h_0 \leq H_{пл}$  менее или равен  $0,1$  ( $\tau_{u,max} \leq 0,1$ ).

Таблица I может быть использована для следующих типов плотин и характеристик их оснований, приведенных в проекте:

а) плотин из песка, а также из песка с ядром или экраном на основании из глинистых грунтов;

б) плотин из супеси на основании из глинистых грунтов при  $K_T \geq 10 K_0$ ;

в) плотин из глинистых грунтов на основании из глинистых грунтов при  $K_T \geq 100 K_0$ .

Для типов плотин а, б и в при  $h_0 \geq H_{пл}$  или характеристиках ( $\alpha_{max}, C_{v,min}$ ), лежащих за пределами заштрихованной зоны табл. I, а также для плотин из глинистых грунтов при  $K_T < 100 K_0$  необходимо в каждом частном случае уточнить применимость проектных решений по методике, приведенной ниже:

1. По графику, черт. I, определяется параметр  $\Pi$  в зависимости от  $S_{v,in}$  и отношения  $\frac{\alpha_{max}}{e_{in}}$  (МПа<sup>-1</sup>).

2. По графику, черт. 2, определяется величина  $\tau_{uc}$  в зависимости от  $\Pi$  и нагрузки на основание б (давление на подошву плотины).

При  $\tau_{uc} \leq 0,1$  проектные решения в данном частном случае могут быть применены, дальнейший расчет не производится.

При  $\tau_{uc} > 0,1$  производится расчет по п.п. 3-6.

3. Вычисляется коэффициент степени консолидации  $C_v^0 = \frac{C_{v,min} \cdot t}{d^2}$ , где  $t$  - время возведения плотины на полную высоту.

Величина  $d$  принимается:

а)  $d = h_0$  - в случае, если глинистый грунт основания подстилается слоем грунта с коэффициентом фильтрации  $K_{nc} < 100 K_0$ ;

б)  $d = \frac{h_0}{2}$  в случае, если глинистый грунт основания мощностью  $h_0 \leq 2 H_{пл}$  подстилается водонепроницаемым слоем грунта с коэффициентом фильтрации  $K_{nc} \geq 100 K_0$ ;

в)  $d = \frac{B}{2}$  - (B - ширина плотины по основанию),

- для плотин на основании из глинистых грунтов при  $K_T < 100 K_0$ .

4. По графику черт. 3 определяется  $\tau_{uo}$ , в зависимости от параметра  $C_v^0$

5. Определяется коэффициент порового давления  $\tau_{u,max} = \tau_{uo} \cdot \tau_{uc}$

При  $S_{v,in} = 1,0$  коэффициент порового давления принимается равным

$$\tau_{u,max} = \tau_{uo}$$

X)

Приложение составлено в соответствии с СНиП 2.06.05-84 "Плотины из грунтовых материалов".

2283/2

6. При  $\tau_{u, \max} < 0, I$  - типовые материалы для проектирования плотин для данного частного случая применимы;

При  $\tau_{u, \max} > 0, I$  - проектные решения для данного частного случая не применимы. Необходимо при составлении проекта плотины учитывать поровое давление в основании.

В случае неоднородных грунтов основания при пользовании таблицей I, а также при проведении расчетов по вышеуказанной методике следует принимать наибольшие величины  $S_{\sigma, jn}$  и  $\alpha_{\max}$  и наименьшую величину  $S_{\sigma, min}$ .







Продолжение таблицы 1

Альбом 1, ч. II

820-04-28.87

$S_{r,in}$	$e_{in}$	$Q_{max}$ (МПа) <sup>-1</sup>	$t = 6 \text{ месяцев}$												$t = 4 \text{ месяца}$											
			$H_{пл} = 5,0 \text{ м}$				$H_{пл} = 10,0 \text{ м}$				$H_{пл} = 15,0 \text{ м}$				$H_{пл} = 5,0 \text{ м}$				$H_{пл} = 10,0 \text{ м}$				$H_{пл} = 15,0 \text{ м}$			
			$C_{\psi}, \text{млн}$				$C_{\psi}, \text{млн}$				$C_{\psi}, \text{млн}$				$C_{\psi}, \text{млн}$				$C_{\psi}, \text{млн}$				$C_{\psi}, \text{млн}$			
			> 0,01	0,03	0,01	> 0,5	0,2	0,1	0,01	> 1,0	0,5	0,2	0,1	0,01	> 0,1	0,03	0,01	> 0,5	0,2	0,1	0,01	> 1,0	0,5	0,2	0,1	0,01
0,85	0,6	1,0	[Hatched Area]																							
		0,5																								
		0,3																								
		0,2																								
		< 0,1																								
0,90	0,6	1,0	[Hatched Area]																							
		0,5																								
		0,3																								
		0,2																								
		< 0,1																								
0,95	0,6	1,0	[Hatched Area]																							
		0,5																								
		0,3																								
		0,1																								
		< 0,05																								
0,99	0,6	1,0	[Hatched Area]																							
		0,5																								
		0,3																								
		0,1																								
		0,05																								
		0,02																								
		0,01																								
1,0	0,6	1,0	[Hatched Area]																							
		0,5																								
		0,3																								
		0,1																								
		0,05																								
		0,02																								
		0,01																								

Условные обозначения:  
 Зона применимости проектных решений при  $h_0 \leq H_{пл}$

 Зона, в которой применимость проектных решений уточняется в каждом частном случае.

Имя, № подл. Подпись и дата Взам. инв. №

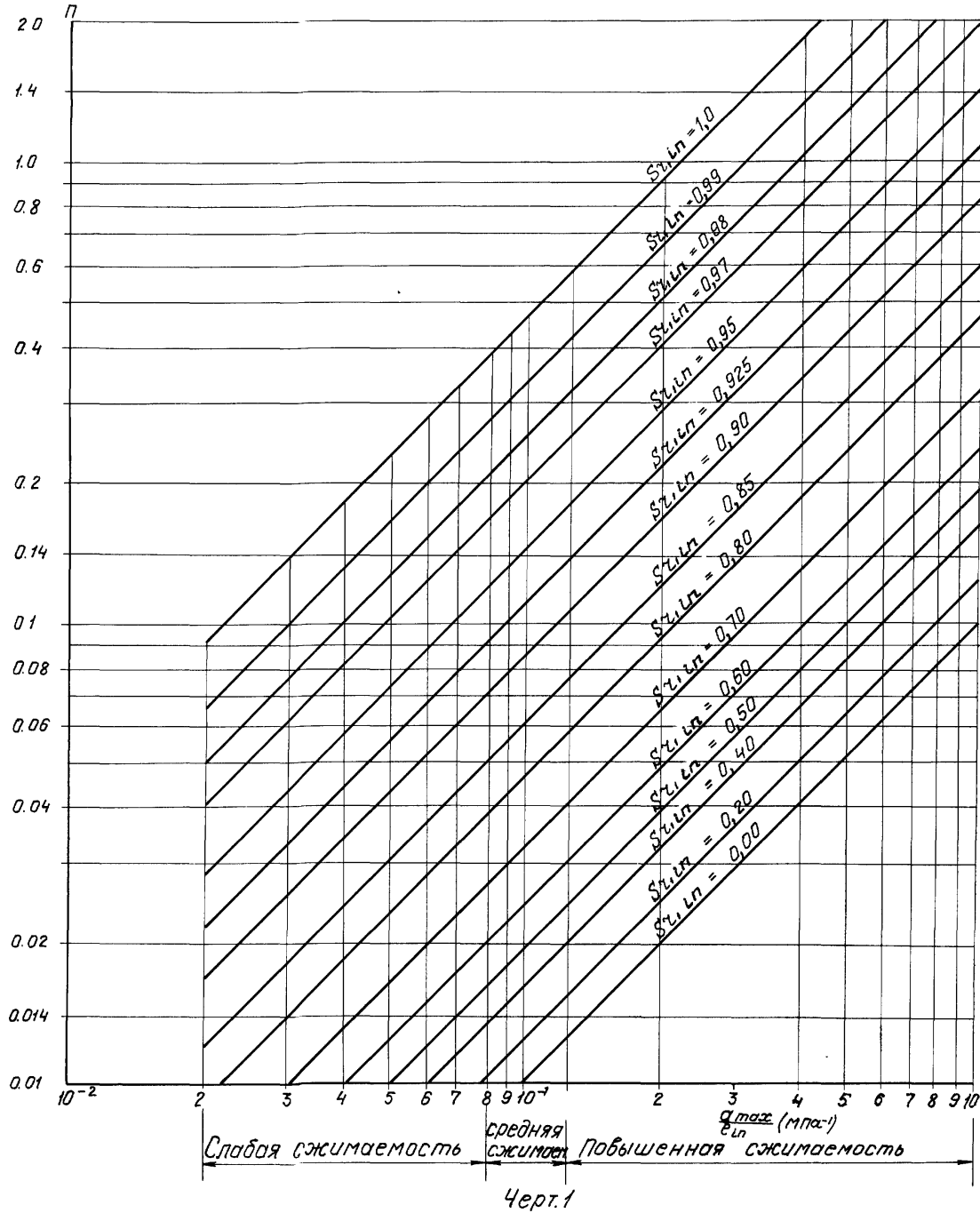
820-04-28.87

ПЗ

2283/2

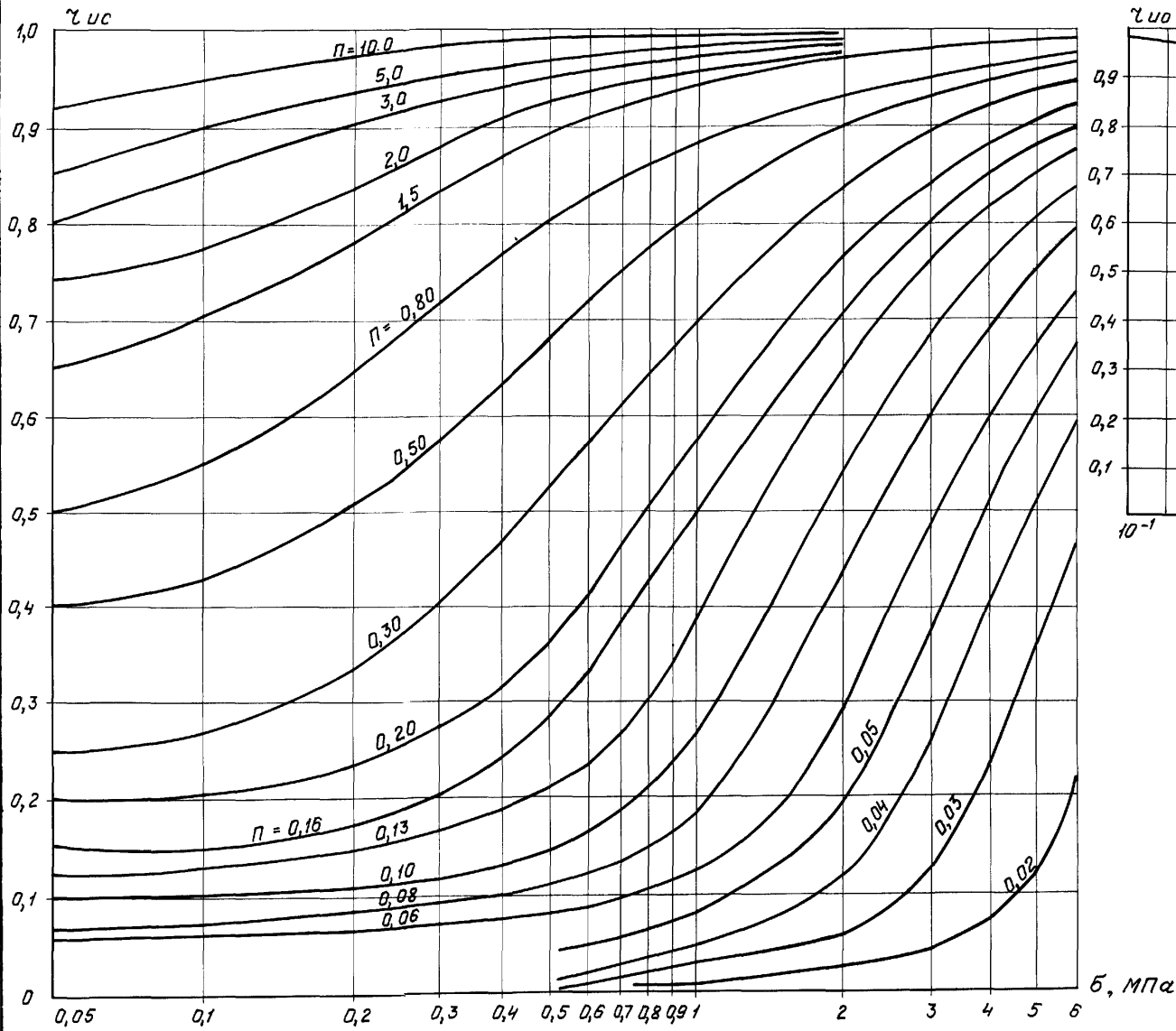
Лист 110

Инв. № подл. Подпись и дата Взам. инв. №

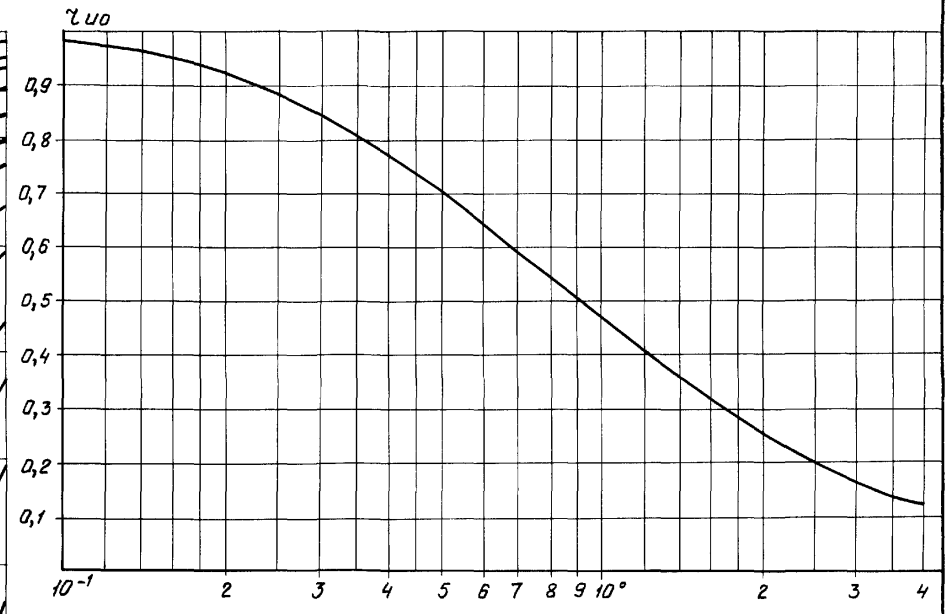


2283/2

Альбом 1, ч. II  
820-04-28.87



Черт. 2



Черт. 3

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ОБРАТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ДРЕНАЖЕЙ<sup>х)</sup>

I. Общие указания

1. Для устройства обратных фильтров должны применяться несвязные естественные или искусственно получаемые грунты из твердых и плотных каменных пород, не содержащих водорастворимых солей.

2. Состав обратного фильтра может быть запроектирован как несuffузионным, так и suffузионным, лишь бы в нем не возникало опасной механической suffузии.

3. В составе грунта фильтра пылеватых фракций  $d < 0,05$  мм допускается не более 5 %.

4. В практических условиях существует два расчетных случая проектирования зернового состава грунтов обратных фильтров:

- при отсутствии данных о карьерных грунтах;
- при наличии данных о карьерных грунтах или материалах камнедробильных заводов.

5. Проектирование зернового состава грунта обратных фильтров производится по зерновому составу защищаемого грунта.

В качестве расчетных характеристик принимаются:

- $d_{min}, d_s, d_{10}, d_n, d_{60}$ ;
- коэффициент разнотерности  $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ;
- плотность частиц грунта  $\rho_s$  г/см<sup>3</sup>;
- плотность сухого грунта  $\rho_d$  г/см<sup>3</sup>;
- пористость  $n$  (в долях единицы).

<sup>х)</sup> Данная методика составлена в соответствии с "Рекомендациями по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений"

П92-80 применительно к настоящим типовым материалам для проектирования.

При отсутствии характеристик грунта (фильтра) -  $\rho_s, \rho_d, n$  - последние принимаются:

$$\rho_s = 2,60 \dots 2,70 \text{ г/см}^3;$$

$$n = n_0 - 0,1 \cdot \lg \eta, \tag{I}$$

где  $n_0 = 0,40$  - для песчано-гравийно-галечниковых грунтов,

$n_0 = 0,45$  - для щебеночных (угловатых) фракций грунта,

$$\rho_d = \rho_s (1 - n). \tag{2}$$

6. Suffузионность (несuffузионность) состава грунта, защищаемого фильтром, определяется в соответствии с приложением 7, при этом  $d_{ci} < d_s$

II. Обратные фильтры, защищающие несвязные грунты

I случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при отсутствии данных о карьерных грунтах.

7. В зависимости от состава защищаемого грунта (suffузионный, несuffузионный)<sup>xx)</sup> назначается расчетный размер сводообразующих фракций грунта  $d_{cr}$ :

а) если защищаемый грунт несuffузионный, расчетное значение  $d_{cr}^{расч}$  принимается по графику, черт.4 (стр.119);

б) в случае suffузионного состава защищаемого грунта значение  $d_{cr}^{расч}$  следует принимать по формуле:

$$d_{cr}^{расч} \geq B \cdot d_s, \tag{3}$$

где  $B = 3 \dots 8$ . Причем,  $B=3$  принимается для рыхлого сложения защищаемого грунта;  $B=8$  - для плотного сложения.

8. По полученному расчетному значению  $d_{cr}^{расч}$  определяется средний диаметр фильтрационных пор фильтра -  $D_0$  из условия непротсыпания, т.е.  $D_0 < 1,8 d_{cr}^{расч}$ ,

<sup>xx)</sup> Определение suffузионности грунтов см. приложение 7 п.7.

2283/2

Альбом 1, ч. II

820-04-28.87

Имя, №подл, Подпись и дата, Взам.инв.№

где  $D_0 = 0,46 \sqrt{\eta_\phi} \cdot \frac{n_\phi}{1-n_\phi} \cdot D_{17}$ ; (5)

обозначения  $\eta_\phi$ ;  $n_\phi$ ;  $D_{17}$  указаны в приложении I.

9. Из условий (4) и (5) определяется действующий диаметр фракций фильтра -  $D_{17}$ :

$$D_{17} = \frac{4}{\sqrt{\eta_\phi}} \cdot \frac{1-n_\phi}{n_\phi} \cdot d_{cr}^{пов}. \quad (6)$$

При этом коэффициент разнотерности фильтра  $\eta_\phi$  принимается:

а) для несuffозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_\phi^{гон.} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 25; \quad (7)$$

б) для suffозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_\phi^{гон.} \leq 15;$$

пористость  $n_\phi$  - по формуле (I).

10. По размеру диаметра фракций фильтра  $D_{17}$  определяется  $D_{min}$  фильтра по следующей формуле:

$$D_{min} = \frac{4_{17}}{1 + (0,1 P_i)^x \frac{\eta_\phi - 1}{5 \eta_\phi}}, \quad (8)$$

где  $x = I + I,28 \lg \eta_\phi$  (9)

11. Определение других размеров фракций ( $D_{10}$ ,  $D_{20}$ ,  $D_{50}$  ...  $D_{100}$ ) грунта фильтра производится по формуле:

$$D_i = [1 + 0,2 (0,1 P_i)^x \frac{\eta_\phi - 1}{5 \eta_\phi}] D_{min}, \quad (10)$$

где  $P_i = 10 \dots 20 \dots 50 \dots 100$  %, соответствующие фракциям грунта фильтра  $D_{10} \dots D_{20} \dots D_{50} \dots D_{100}$ .

12. Зона допустимого зернового состава грунта, пригодного для укладки в слой фильтра, назначается следующим образом:

а) верхняя граница "зоны" определяется прямой линией, проходящей через точку  $D_{100}$  расчетной кривой и точку, расположенную на 3 % выше (по вертикали) точки  $D_{10}$ , до примыкания к линии, ограничивающей содержание в материале фильтра мелких пылеватых фракций и пересекающей

расчетную кривую на уровне  $P_i = 6$  %;

б) нижняя граница зоны определяется прямой линией, касательной к расчетной кривой, проходящей через точку  $D_{min}$  этой кривой и пересекающей линию  $D_{100}$  (см. черт.3 на стр. II9).

13. По условию водопроницаемости зерновой состав грунта фильтра должен отвечать следующему соотношению:

$$\left( \frac{D_{17}}{d_{17}} \right)^2 \geq 3 \dots 5. \quad (11)$$

14. Коэффициент фильтрации защищаемого грунта или грунта фильтра определяется по следующей экспериментальной формуле:

$$K_\phi = 310 \cdot \psi_i \sqrt[3]{\eta_\phi} \cdot \frac{n_\phi^3}{(1-n_\phi)^2} \cdot d_n^2 \left( \frac{cm}{c} \right), \quad (12)$$

где  $\psi_i = I$  - для окатанных частиц;

$\psi_i = 0,35 - 0,40$  - для угловатых частиц;

$d_n$  - в см.

II случай. Подбор зернового состава первого слоя фильтра, когда известны карьерные грунты.

15. В зависимости от состава защищаемого грунта (suffозионный, несuffозионный) назначается расчетный размер сводообразующих фракций данного грунта -  $d_{cr}^{пов}$  (см. п.7 случай I).

16. По полученному значению  $d_{cr}^{пов}$  и размеру фракций грунта, предназначенного для фильтра  $D_{17}$ , определяется действительная величина междуслойного коэффициента из соотношения:

$$\eta_M = \frac{D_{17}}{d_{cr}^{пов}}. \quad (13)$$

17. Из условия непроницаемости (4) грунта в поры фильтра определяется для защищаемого грунта допустимый междуслойный коэффициент по следующей формуле:

2283/2

Альбом 1, 4, II  
820-04-28.87

$$\eta_m^{gen.} = \frac{4(1-p\phi)}{p\phi \cdot \sqrt{p\phi}}, \quad (I4)$$

где  $p\phi, \eta\phi$  - соответственно, пористость и коэффициент разноразмерности грунта фильтра.

18. Сопоставляется полученная величина  $\eta_m$  с допустимым его значением  $\eta_m^{gen.}$ :

а) если оказывается, что

$$\eta_m \leq \eta_m^{gen.}, \quad (I5)$$

то рассматриваемый грунт для фильтра следует считать приемлемым;

б) если оказывается, что

$$\eta_m > \eta_m^{gen.}, \quad (I6)$$

то данный состав грунта для фильтра не может быть использован.

В таком случае требуется его переработка (отсев крупных или отмыв мелких фракций) или принимается другой карьерный грунт.

Новый состав грунта фильтра должен быть проверен, как указано в п.п.15-18.

19. Зона допустимого зернового состава грунта, пригодного для укладки в слой фильтра, должна быть намечена с таким расчетом, чтобы карьерный грунт был примерно нижним ее пределом, руководствуясь п.12 расчетного случая I настоящего приложения.

III. Обратные фильтры, защищающие связные грунты

20. Проектирование первого слоя обратного фильтра в данном разделе производится при защищаемых глинистых грунтах, обладающих следующими свойствами: число пластичности  $I_p \geq 5\%$  (при содержании пылеватых частиц  $d \leq 0,05$  мм более 20% и обладающих молекулярным сцеплением), влажность  $W$  в пределах  $W_L \geq W \geq W_P$ .

Глинистый грунт будет обладать молекулярным сцеплением в том случае, если удовлетворяется условие:

$$\rho_d \geq \frac{\rho_s}{1+e_T}, \quad (I7)$$

где  $e_T$  - коэффициент пористости при  $W_L$ ;

$$e_T = \frac{\rho_s \cdot W_L}{100 \cdot \rho_s}. \quad (I8)$$

В случае отсутствия молекулярного сцепления в связанном грунте расчет ведется по разделу II.

I случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при отсутствии данных о карьерных грунтах

21. Определяется расчетный размер диаметра пор грунта фильтра по формуле:

$$D_o^{расч} = \sqrt{\frac{2,25}{\psi \cdot J_{расч} + \cos \theta}}, \text{ см} \quad (I9)$$

где  $\psi = 0,5 - 1,0$ ;

$J_{расч}$  - расчетный градиент напора;  $J_{расч} = \gamma_n \cdot J_{вх}$ ;

$\gamma_n = 1,1$  - коэффициент надежности;

$J_{вх}$  - действующий градиент напора фильтрационного потока, выходящего в первый слой фильтра;

$\theta$  - угол между направлениями силы тяжести и скорости фильтрации;

$\cos \theta$  является положительной величиной, если сила собственного веса частиц глинистого грунта (в поре фильтра) направлена внутрь крупнозернистого материала - обратного фильтра.

22. Материал первого слоя фильтра подбирается такого гранулометрического состава, чтобы удовлетворялось условие, обеспечивающее отсутствие опасных деформаций при допущении некоторого отслаивания связанного грунта (см. п.п.9-14):

$$D_o^{max} < D_o^{расч}, \quad (20)$$

где  $D_o^{max}$  - максимальный размер фильтрационных пор первого слоя фильтра.

23. Коэффициент разноразмерности первого слоя фильтра принимается:

$$\eta\phi^{gen.} = \frac{A_{60}}{A_{10}} \leq 50. \quad (21)$$

2283/2

Уин.№года | Подпись и Дата | Взам.инв.№

24. Определяется размер фракции  $D_{17}$  первого слоя фильтра:

$$D_{17} \leq \frac{D_o^{расч}}{\alpha \cdot C} \cdot \frac{1 - n_{\phi}}{n_{\phi}}, \quad (22)$$

где  $C = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\phi}}$ ; (23)

$$\alpha = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_{\phi}}); \quad (24)$$

$n_{\phi}$  — пористость фильтра; определяется по графику  $n_{\phi} = f(\eta_{\phi})$  см. черт. I.

25. Определяется действующий диаметр фракций первого слоя фильтра  $D_{10}$ :

$$D_{10} = i \cdot D_{17}. \quad (25)$$

Величина  $i$  определяется по графику  $\eta_{\phi} = f\left(\frac{D_{10}}{D_{17}}\right)$ , см. черт. 2.

26. Определяется контролирующий диаметр фракций первого слоя фильтра:

$$D_{60} = \eta_{\phi} \cdot D_{10}. \quad (26)$$

27. Максимальный размер фракции первого слоя фильтра  $D_{100} = D_o^{max}$  принимается по зависимости:

$$D_{100} \leq D_{10} + 10^x \cdot D_{60} \cdot \frac{\eta_{\phi} - 1}{5 \eta_{\phi}^2}, \quad (27)$$

где  $x = 1 + 1,28 \lg \eta_{\phi}$ . (28)

28. По полученным значениям размера фракций  $D_{10}$ ,  $D_{17}$ ,  $D_{60}$ ,  $D_{100}$  строится расчетная кривая "Ф" гранулометрического состава грунта первого слоя фильтра (см. черт. 3). Состав этого грунта удовлетворяет условию (20).

29. Строится "зона допустимого гранулометрического состава грунта пригодного для укладки в первый слой фильтра". Полученная кривая "Ф" является нижним пределом этой зоны.

30. Верхний предел (кривая I) строится по условиям: расчетный размер фракций  $D_{60}^{расч}$  кривой "Ф" соответствует размеру фракций  $D_{85}^I$  кривой I, а расчетный размер фракций  $D_{10}^{расч}$  кривой "Ф" — размеру фракций  $D_{35}^I$  кривой I, то есть  $D_{60}^{расч} = D_{85}^I$  и  $D_{10}^{расч} = D_{35}^I$ .

31. При возможности возникновения продольной фильтрации в кон-

тактной с обратным фильтром зоне производится проверка прочности глинистого грунта на контактный размыв.

При этом должно удовлетворяться условие:

$$J_{g \text{ контр.}} \leq 0,9 \cdot J_{кр \text{ конт.}}^x, \quad (29)$$

где  $J_{g \text{ конт.}}$  — действующий расчетный градиент напора в контактной зоне;

$J_{кр \text{ конт.}}$  — критический градиент напора на контакте связного грунта с крупнозернистым материалом фильтра.

32. При невыполнении условия (29) необходимо подобрать другой состав фильтра, удовлетворяющий условию:

$$D_o^{max} \leq \frac{1,45}{(J_{g \text{ конт.}} + 0,90)^2} x) \quad (30)$$

Новый состав первого слоя фильтра, соответствующий зависимости (30) будет удовлетворять условиям (20) и (29).

II случай. Подбор зернового состава первого слоя фильтра, когда известны карьерные грунты.

33. Определяется максимальный размер пор в карьерном грунте, предназначенном для обратного фильтра по зависимости:

$$D_o^{max} = \alpha \cdot C \cdot \frac{n_{\phi}}{1 - n_{\phi}} \cdot D_{17}. \quad (31)$$

34. Проверяется выполнение условия:  $D_o^{max} \leq D_o^{расч}$ .

Если это условие, а также условие  $\eta_{\text{зон}} \leq 50$  выполняются, то грунт может быть использован для первого слоя обратного фильтра. Если эти условия не выполняются, то строится расчетная кривая гранулометрического состава по приведенному выше способу и по ней подбирается состав грунта из имеющихся карьерных грунтов с учетом рассева.

x) Формулы (29,30) рекомендованы ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева для сооружений III и IV классов с учетом допущения отслаивания связного грунта в порах фильтра на величину  $0,5 D_o^{max}$  (см. СНиП 2.06.05-84, п.2.67).

2283/2



820-04-28.87 Альбом 1, ч. II

**IV. Толщина и число слоев фильтра**

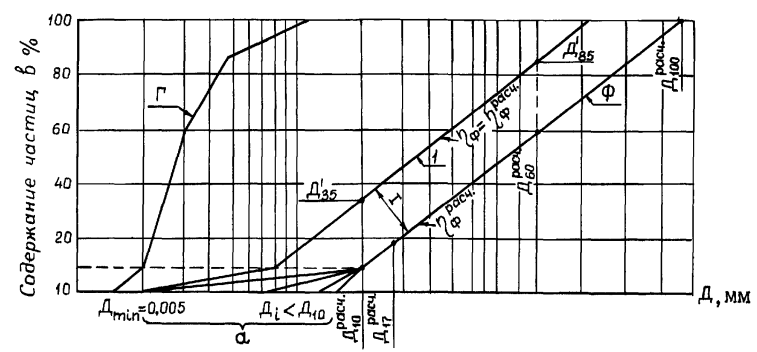
35. Толщина слоя обратного фильтра по фильтрационным условиям должна быть:  $t_{\phi} \geq 5 D_{90}$ ,

где  $D_{90}$  - размер фракций фильтра.

По условиям производства работ толщину слоя следует назначать:

- а) при ручной укладке (планировке и уплотнении)  $t_{\phi} \geq 10$  см;
- б) при механизированной укладке  $t_{\phi} \geq 20$  см.

36. Второй слой фильтра (и последующие, если в этом есть необходимость) принимается по местным условиям. Зерновой состав его назначается по условиям непроницаемости в соответствии с формулами (4) и (5) при выбранном  $D'_{ст}$  - расчетном размере сводообразующих фракций I слоя фильтра.



Черт.3

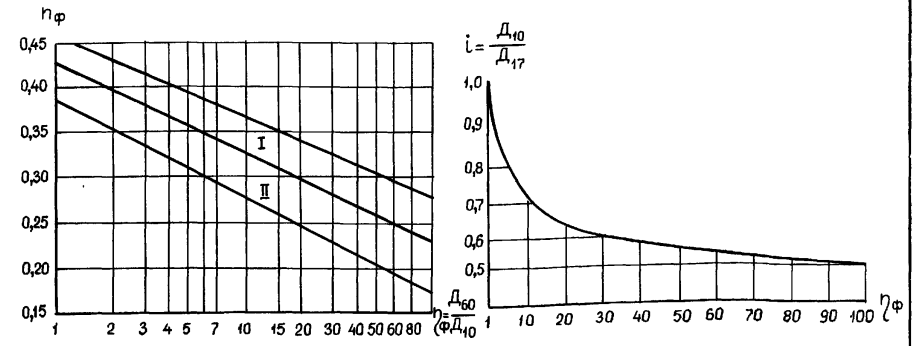
График расчетного состава грунта и назначения "зоны допустимого гранулометрического состава грунтов первого слоя фильтра", защищающего связный грунт.

$\Gamma$  - гранулометрический состав связного грунта, защищаемого фильтром;

$\Phi$  - расчетный гранулометрический состав грунта фильтра с  $\eta_{\phi}^{расч.}$  (нижний предел "зоны");

I - верхний предел "зоны" с  $\eta_{\phi}^{расч.}$ , с  $D_{35} = D_{10}^{расч.}$ ,  $D_{85} = D_{60}^{расч.}$

а - область допустимых размеров мелких фракций  $D_i < D_{10}$  (10%) в составе фильтра (от  $D_{min} = 0,005$  мм до  $D_{10}$ ).

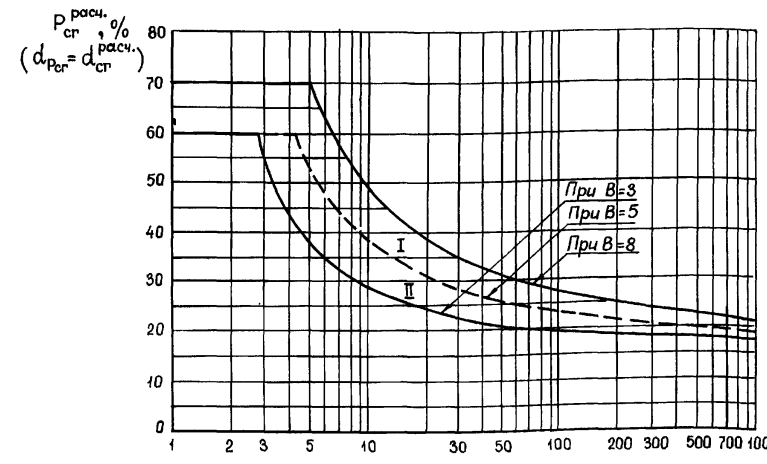


Черт.1

- I - область щебеночных грунтов;
- II - область песчано-гравийно-галечниковых грунтов

Черт.2

График  $\eta_{\phi} = f \frac{D_{10}}{D_{17}}$



Черт.4

График для определения расчетных размеров сводообразующих частиц грунта

I - область выбора расчетных значений  $d_{ст}^{расч.}$  для фильтров из щебеночного материала;

II - область выбора расчетных значений  $d_{ст}^{расч.}$  для фильтров из песчано-гравийно-галечникового материала.

2283/2

Имя, №подл. Подпись и дата Взам.инв.№5

## ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ГРУНТА I СЛОЯ ФИЛЬТРА ДЛЯ ДРЕНАЖЕЙ

I. Примеры проектирования зернового состава грунта I слоя фильтра, защищающего несвязные грунты

Пример I.

Зерновой состав грунта тела плотины (основания) представлен на черт. I. Требуется запроектировать зерновой состав грунта I слоя фильтра.

I. Согласно п.5 приложения I5 в качестве расчетных характеристик грунта принимается:  $d_{min} = 0,05$  мм;  $d_5 = 0,07$  мм;  $d_{10} = 0,10$  мм;  $d_{17} = 0,11$  мм;  $d_{60} = 0,23$  мм;  $d_{100} = 2,0$  мм.

Коэффициент разнородности -  $\eta_r = \frac{60}{10} = 2,3$

Плотность частиц грунта -  $\rho_s = 2,65$  г/см<sup>3</sup>

Плотность сухого грунта -  $\rho_d = 1,72$  г/см<sup>3</sup>

Пористость  $n_r = I - \frac{\rho_d}{\rho_s} = I - \frac{1,72}{2,65} = 0,35$

В соответствии с п.7 приложения 7 установлено, что грунт тела плотины является несугглюнистым ( $d_{ci}^{max} \leq d_5$ ).

2. Определяется  $d_{cr}^{расч}$  для данного несугглюнистого грунта по графику  $P_{cr}^{расч} = f(\eta_r)$  (черт.4 приложения I5). При фильтре из песчано-гравийно-галечникового материала (область II) и  $\eta_r = 2,3$  величина  $P_{cr}^{расч} = 60$  %. По кривой зернового состава - "Г" (черт. I) грунта тела (основания) плотины величина  $d_{cr}^{расч} = d_{60} = 0,23$  мм.

3. Из условия (6) определяется действующий диаметр частиц грунта I слоя фильтра  $D_{17}$ , при предварительно заданном коэффициенте разнородности фильтра  $\eta_\phi = I5$  и значении пористости  $n_\phi$ , вычисленной по зависимости (I):

$$n_\phi = 0,40 - 0,1 \cdot \eta_\phi \cdot I5 = 0,28;$$

$$D_{17} = \frac{4}{\sqrt{\eta_\phi}} \cdot \frac{1-n_\phi}{n_\phi} \cdot d_{cr}^{расч} = \frac{4}{\sqrt{15}} \cdot \frac{I-0,28}{0,28} \cdot 0,23 = I,5 \text{ мм.}$$

4. По полученному значению  $D_{17} = I,5$  мм и зависимости (8) определяется  $d_{min}$  фильтра при значении  $x$ :

$$x = I + I,28 \cdot \eta_\phi \cdot I5 = 2,5;$$

$$d_{min} = \frac{D_{17}}{I+0,2(I,7)^{\frac{\eta_\phi-1}{\eta_\phi}}} = \frac{I,5}{I+0,2(I,7)^{2,5} \cdot \frac{I5-I}{I5}} = 0,88 \text{ мм}$$

5. Для получения других значений  $D_i$  значение  $d_{min} = 0,88$  мм и  $x = 2,5$  подставляются в формулу (I0):

$$D_i = 0,88 + 0,176 (0,1 \cdot P_i)^{2,5} \cdot \frac{I5-I}{I5}$$

При различных значениях  $P_i = I0 \dots 20 \dots I00$  вычисляются соответствующие значения  $D_i$ . Так, для  $P_i = I0$ :

$$D_{10} = 0,88 + 0,164 (0,1 \cdot I0)^{2,5} = I,04 \text{ мм.}$$

Ниже, в таблице I, приведены результаты вычислений, где  $D$  даны в мм:

Таблица I

$D_{min}$	$D_{10}$	$D_{20}$	$D_{35}$	$D_{50}$	$D_{60}$	$D_{80}$	$D_{100}$
0,88	I,04	I,8I	4,64	I0,05	I5,34	30,57	52,74

6. По значениям  $D_{min}$ ,  $D_{10}$ ,  $D_{100}$  строится расчетная кривая несугглюнистого состава грунта первого слоя фильтра (черт. I) и устанавливается, согласно п. I2 приложения I5, "зона допустимого зернового состава грунта, пригодного для укладки в первый слой фильтра".

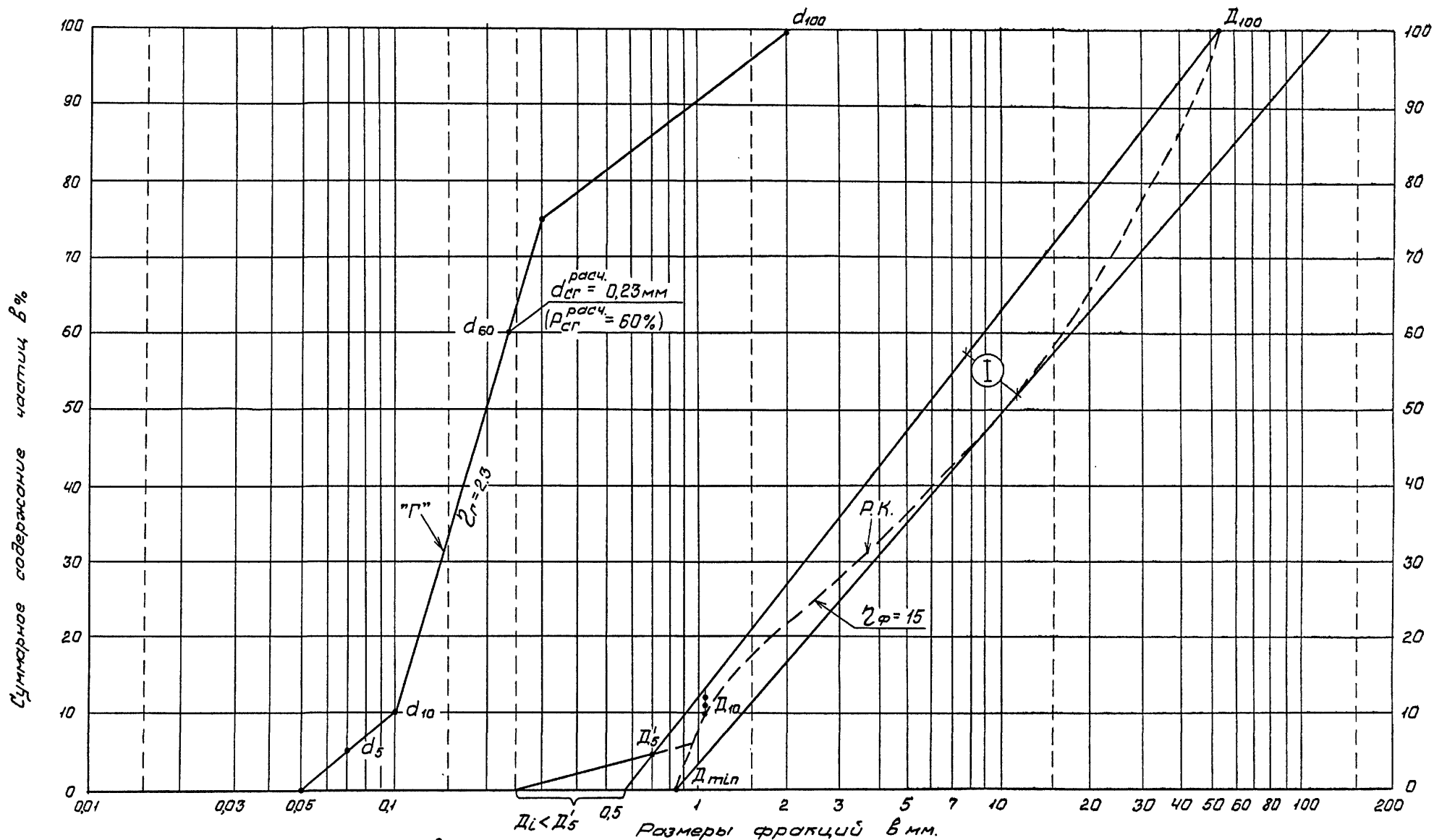
Пример 2.

Требуется подобрать первый слой фильтра из имеющихся в наличии

Львов I, ч. II

820-04-28.87

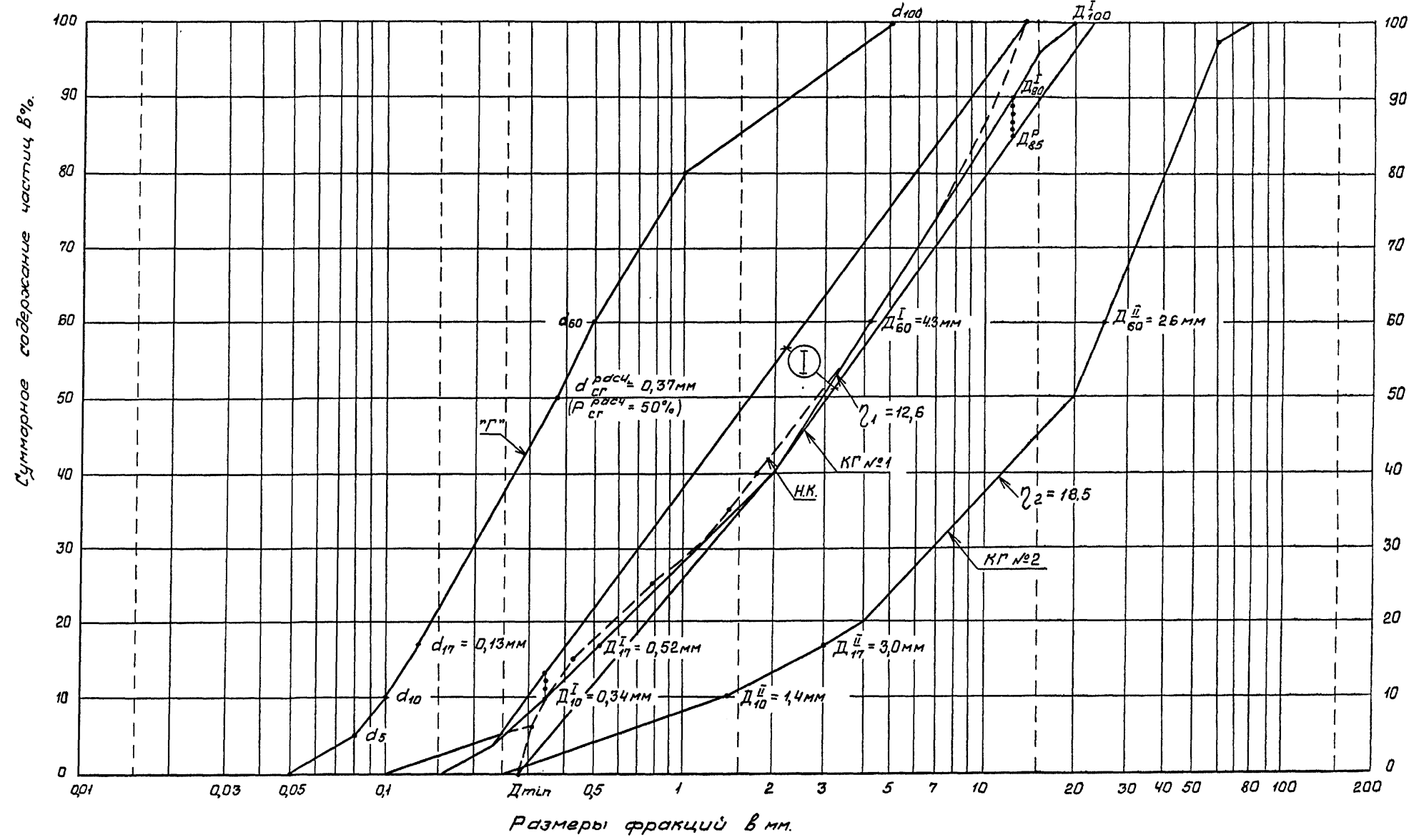
Шиф. № по плану Подпись и дата: *Взам. инв. №*



Черт.1 График запроектированного состава фильтра (пример 1).  
 "Г" грунт тела плиты и основания;  
 I-зона допускаемого зернового состава грунта, пригодного для укладки в первый слой фильтра;  
 P.K.-расчетная кривая.

Львов I, ч. II

820-04-28.87



Черт 2. График выбранного состава фильтра (пример 2)  
 "Г"- грунт тела плотности (основания); КГ №1 - карьерный грунт №1; КГ №2 - карьерный грунт №2; I - зона допустимого зернового состава грунта карьера №1, пригодного для укладки в первый слой фильтра; Н.К. - кривая несифразионного состава, проходящая через точки  $D_{10}^I$  и  $D_{60}^I$ .

Имя, № подл. Подпись и дата  
 Взам. инв. №

2283/2

820-04-28.87	ПЗ	Лист 120
--------------	----	-------------

Копирован

карьерных грунтов.

1. Зерновые составы грунта тела плотины (основания сооружения) и карьерных грунтов, предназначенных для первого слоя обратного фильтра, представлены на черт.2.

а) Данные защищаемого грунта (черт.2):

коэффициент разнородности  $\zeta_r = 5,0$ ;

пористость  $n_r = 0,33$ .

б) Данные карьерных грунтов (черт.2):

карьерный грунт (КГ № 1) -

коэффициент разнородности  $\zeta_1 = 12,6$ ;

пористость  $n_1 = 0,29$ ;

карьерный грунт (КГ № 2) -

коэффициент разнородности  $\zeta_2 = 18,5$ ;

пористость  $n_2 = 0,27$ .

2. Согласно приложению 7 установлено, что грунт тела (основания) плотины является несущим.

Расчетное значение сводообразующих песчаных фракций защищаемого грунта определяется по графику  $R_{ст}^{расч.} = f(\zeta_r)$ ; по значению  $\zeta_r = 5$  (область II):  $R_{ст}^{расч.} = 50\%$ , что соответствует  $d_{ст} = d_{50} = 0,37$  мм.

3. Согласно формуле (13) приложения I5 определяется действительная величина междуслойных коэффициентов карьерных грунтов № 1 и № 2:

а) для карьерного грунта № 1  $\zeta_m = \frac{4 \cdot 17}{d_{ст}} = \frac{0,52}{0,37} = 1,4$ ;

б) для карьерного грунта № 2  $\zeta_m = \frac{4 \cdot 17}{d_{ст}} = \frac{3,0}{0,37} = 8,1$ .

4. Из условия непроницаемости защищаемого грунта в поры фильтра определяется допустимый междуслойный коэффициент по формуле (14):

$$\zeta_{гон.} = \frac{4(1-n_\phi)}{n_\phi \sqrt{\zeta_r \phi}}$$

а) при сопряжении с карьерным грунтом № 1 (черт.2):

$$\zeta_{гон.}^I = \frac{4(1-0,29)}{0,29 \cdot \sqrt{12,6}} = 6,4;$$

б) при сопряжении с карьерным грунтом № 2:

$$\zeta_{гон.}^II = \frac{4(1-0,27)}{0,27 \cdot \sqrt{18,5}} = 6,6.$$

5. Проверяется условие непроницаемости:

а) для карьерного грунта № 1 условие непроницаемости удовлетворяется, т.к.

$$\zeta_m^I = 1,4 < \zeta_{гон.}^I = 6,4;$$

б) для карьерного грунта № 2 условие непроницаемости не удовлетворяется, т.к.

$$\zeta_m^{II} = 8,1 > \zeta_{гон.}^{II} = 6,6.$$

6. Из приведенных расчетов следует:

а) в качестве I слоя фильтра может быть использован карьерный грунт № 1 без его дорогостоящей переработки;

б) карьерный грунт № 2 также может быть использован в качестве I слоя фильтра, но с отсевом крупных фракций  $D > 30 \dots 40$  мм (до 40 %).

Окончательное решение может быть принято в результате технико-экономического сравнения вариантов с учетом местоположения карьеров, способов их разработки и пр.

Грунт карьера № 2 может быть использован, при необходимости, в качестве II слоя фильтра.

7. "Зона допустимого зернового состава грунта, пригодного для укладки в I слой фильтра", построена на черт.2 с учетом рекомендаций п.п. I2 и I9 приложения I5. В данном случае нижний предел зоны построен следующим образом: от точки  $D_{min}$  проведена касательная к кривой карьерного грунта № 1 и далее через точку  $D_{85}^I = D_{90}^I$  до линии  $D_{100}^I$ .

8. По условию водопроницаемости (II) состав фильтра должен удовлетворять следующему соотношению:

2283/2

$$\frac{(D_{17})^2}{(d_{17})^2} \geq 3 \dots 5.$$

В данном случае  $D_{17} = 0,52$  мм,  $d_{17} = 0,13$  мм;

$$\frac{0,52^2}{0,13^2} = 15 > 3$$

Условие водопроницаемости фильтра удовлетворяется.

9. Толщина  $I$  слоя фильтра по фильтрационным условиям (см. формулу 32, приложения I5) должна быть:

$$t_{\phi} \geq 5D_{90} = 5 \cdot 1,8 = 9,0 \text{ см}$$

II. Примеры проектирования зернового состава грунта  $I$  слоя фильтра, защищающего связные грунты

Пример I.

Зерновой состав грунта тела плотины представлен на черт.3.

Требуется запроектировать зерновой состав грунта  $I$  слоя фильтра для дренажа, защищающего связный грунт тела плотины.

I. В качестве расчетных характеристик грунта тела плотины принимаются:

плотность сухого суглинка при его укладке  $\rho_d = 1,7$  г/см<sup>3</sup>;

плотность частиц суглинка -  $\rho_s = 2,7$  г/см<sup>3</sup>;

пористость -  $n = 0,37$ ;

число пластичности -  $J_p = 12$  %;

верхний предел пластичности -  $w_L = 35,46$  %;

нижний предел пластичности -  $w_p = 21,48$  %.

При фильтрационных расчетах плотины определен градиент напора фильтрационного потока при выходе в дренажную призму, равный

$$J_{\text{вых}} = 0,56.$$

2. Защищаемый грунт тела плотины следует считать связным грунтом

( $J_p = 12$  %  $> 5$  %,  $d < 0,05$  мм  $> 20$  %), обладающим молекулярным сцеплением, так как выполняется условие (17):  $\rho_d \geq \frac{\rho_s}{1+e_T}$ ,

$$\text{где } e_T = \frac{\rho_s \cdot w_L}{100 \cdot \rho_d} = \frac{2,7 \cdot 35,46}{100 \cdot 1} = 0,96;$$

$$\rho_d = 1,7 \text{ г/см}^3 > \frac{2,7}{1 + 0,96} = 1,38 \text{ г/см}^3.$$

3. За расчетный градиент напора принимается  $J_{\text{расч}} = \gamma_n \cdot J_{\text{вых}}$ ;  
 $J_{\text{расч}} = 1,1 \cdot 0,56 = 0,62.$

4. Расчетный размер диаметра пор грунта фильтра определяется по формуле (19):

$$D_o^{\text{расч}} = \sqrt{\frac{2,25}{\psi \cdot J_{\text{расч}} + \cos \theta}};$$

$$D_o^{\text{расч}} = \sqrt{\frac{2,25}{1 \cdot 0,62 + \cos 45^\circ}} = \sqrt{\frac{2,25}{1 \cdot 0,62 + 0,7071}} = 1,30 \text{ см}.$$

5. Гранулометрический состав грунта  $I$  слоя фильтра должен удовлетворять условию (20):

$$D_o^{\text{max}} \leq D_o^{\text{расч}}.$$

За расчетный диаметр пор грунта  $I$  слоя фильтра следует принимать:

$$D_o^{\text{max}} = D_o^{\text{расч}} = 13 \text{ мм}.$$

6. Коэффициент разнородности  $I$  слоя фильтра, учитывая условие (21), принимаем равным  $\eta_{\phi}^{\text{расч}} = 25$ . Для принятого значения коэффициента разнородности определяется допустимая пористость по графику

$n_{\phi} = f(\eta_{\phi})$  - черт. I приложение I5. При  $n_o = 0,45$  (для щебеночного грунта) пористость  $n_{\phi} = 0,31$ .

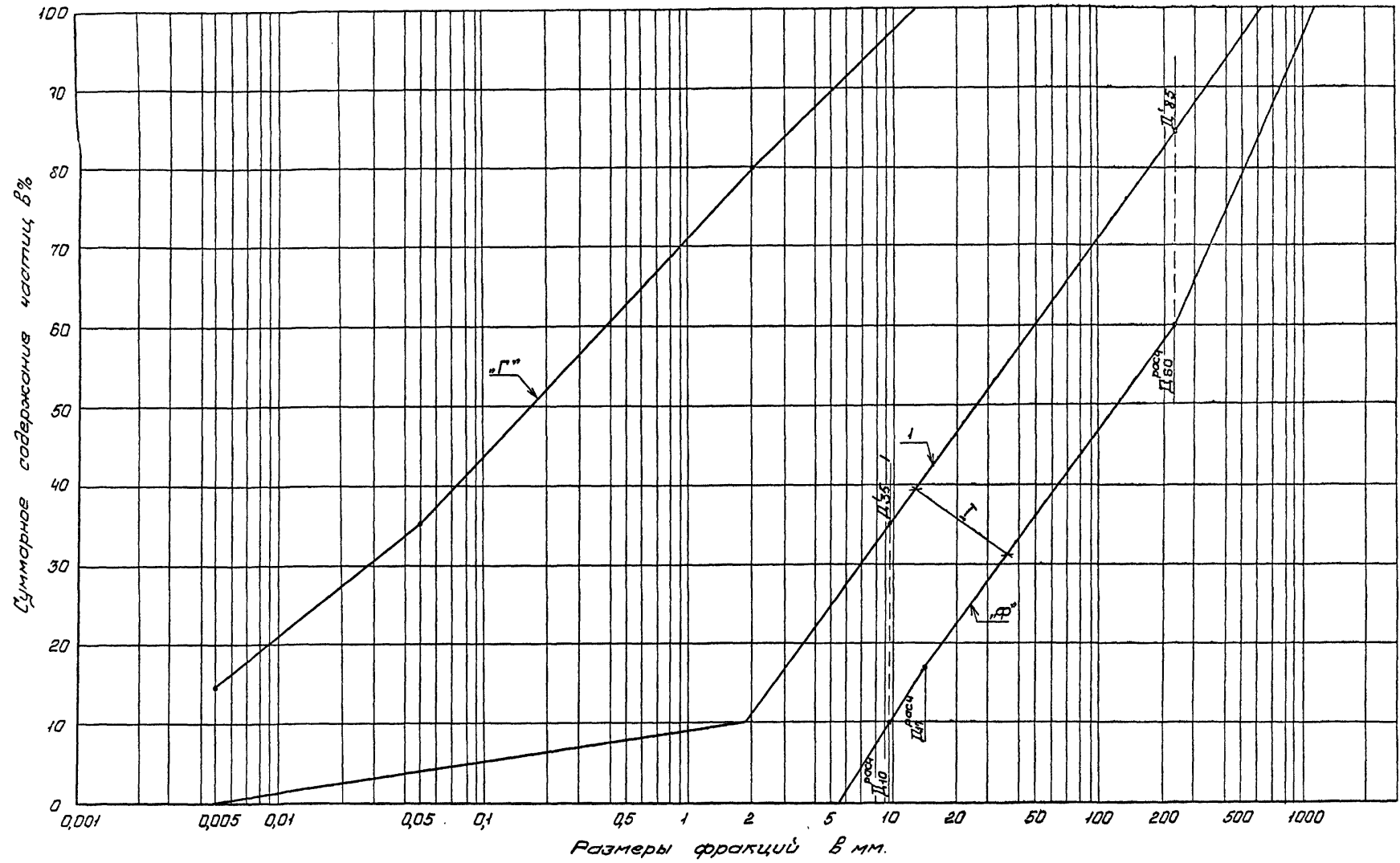
7. Определяется размер фракции  $D_{17}$  первого слоя фильтра по формуле (22):

$$D_{17} \leq \frac{A_o^{\text{расч}}}{\kappa \cdot c} \cdot \frac{1 - n_{\phi}}{n_{\phi}} = \frac{13}{2,45 \cdot 0,78} \cdot \frac{1 - 0,31}{0,31} = 15 \text{ мм},$$

2283/2

820-04-28.87 Яльдом I, ч. II

Ш.в.№ подл. Подпись и дата



Черт.3. График запроектированного состава фильтра (пример 1).  
 „Г”-грунт тела плотины; „Ф”-расчетный зерновой состав грунта 1<sup>го</sup> слоя фильтра;  
 I-зона допустимого зернового состава грунта 1<sup>го</sup> слоя фильтра.

где  $\alpha = 0,35 (2 + \sqrt{\eta_\phi}) = 0,35 (2 + \sqrt{25}) = 2,45$ ;

$$C = 0,46 \sqrt[6]{\eta_\phi} = 0,46 \cdot \sqrt[6]{25} = 0,78.$$

8. Действующий диаметр фракций I-го слоя фильтра  $D_{10}$  определяется по зависимости (25):

$$D_{10} = i \cdot D_{17} = 0,63 \cdot 15 = 9,5 \text{ мм}$$

для  $\eta_\phi = 25$  по графику  $\eta_\phi = f\left(\frac{D_{10}}{D_{17}}\right)$  - черт.2 приложение I5  $i = 0,63$ .

9. Контролирующий диаметр фракции  $D_{60}$  определяется по зависимости (26);

$$D_{60} = \eta_\phi \cdot D_{10} = 25 \cdot 9,5 = 238,5 \text{ мм}.$$

10. Максимальный диаметр фракций  $D_{100} = D_0^{\max}$  принимается по зависимости (27):

$$D_{100} \leq D_{10} + 10^X \cdot D_{60} \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi^2} = 9,5 + 10^{2,8} \cdot 238,5 \cdot \frac{25-1}{5 \cdot 25^2} = 1156 \text{ мм};$$

$$X = 1 + 1,28 \lg \eta_\phi = 1 + 1,28 \lg 25 = 2,8.$$

11. По полученным расчетным значениям  $D_{10}$ ,  $D_{17}$ ,  $D_{60}$ ,  $D_{100}$  строится расчетная кривая "Ф" гранулометрического состава грунта I слоя фильтра (черт.3) и "зона допустимого состава", согласно п.28 и 29 приложения I5.

Пример 2

Требуется подобрать первый слой фильтра из имеющихся в наличии карьерных грунтов.

1. Защищаемый связный грунт тела плотины принят из примера I.

2. Данные карьерного грунта:

$$D'_{10} = 8 \text{ мм}; D'_{17} = 11 \text{ мм}; D'_{60} = 34 \text{ мм}; \eta' = 4,26; n' = 0,40.$$

По зависимости (31) определяется максимальный размер пор карьерного грунта:

$$D_0^{\max} = \alpha \cdot C \frac{n_\phi}{1-n_\phi} \cdot D_n;$$

$$\alpha = 0,35 (2 + \sqrt{4,26}) = 1,42;$$

$$C = 0,46 \cdot \sqrt[6]{4,26} = 0,58;$$

$$D_0^{\max} = 1,42 \cdot 0,58 \cdot \frac{0,4}{1-0,4} \cdot 11 = 6,0 \text{ мм} < D_0^{\text{расч.}} = 13 \text{ мм}.$$

Следовательно, условие  $D_0^{\max} < D_0^{\text{расч.}}$  выполняется и карьерный грунт может быть использован в качестве I-го слоя фильтра для защиты связного грунта тела плотины.



МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ОБРАТНЫХ ФИЛЬТРОВ ПОД КРЕПЛЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ОТКОСОВ ПЛОТИН <sup>x)</sup> ПРИЛОЖЕНИЕ I7

I. Общие указания

При проектировании обратных фильтров под крепления верховых откосов следует руководствоваться общими указаниями, изложенными в приложении I5 (кроме п.2).

Защита верхового откоса плотины от суффозионных явлений при волновых воздействиях на его крепление обеспечивается при использовании для обратного фильтра под креплением практически несущезионного грунта.

Для подбора несущезионного грунта для обратного фильтра необходимо располагать следующими данными:

- зерновым составом защищаемого грунта и величиной его коэффициента разноразмерности  $\eta_r$  ;
- зерновым составом карьерных грунтов при наличии карьеров, намечаемых для отсыпки обратного фильтра, а также их физическими характеристиками ( $\eta_{\phi}$ ,  $n_{\phi}$  и др.);
- зерновым составом каменной наброски при выполнении крепления из камня; расчетным размером  $b_{ц}$ , образующейся вследствие деформации монолитного железобетонного крепления; расчетной шириной раскрытия шва при железобетонном креплении из незамоноличенных плит.

II. Обратные фильтры, защищающие несвязные грунты

I случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при отсутствии данных о карьерных грунтах

I. Проверяется суффозионность защищаемого грунта в соответствии с п.7 приложения 7.

<sup>x)</sup> Данная методика составлена в соответствии с "Рекомендациями по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений" П92-80 ВНИИГ

применительно к настоящим типовым материалам для проектирования.

2. Назначается расчетный размер сводообразующих фракций  $d_{сг}^{расч.}$  защищаемого грунта в зависимости от его суффозионности в соответствии с п.7 приложения I5.

3. Назначается коэффициент разноразмерности фильтра:  
- для несущезионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_{\phi}^{gen.} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 25 ; \quad (I)$$

- для суффозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_{\phi}^{gen.} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 15. \quad (2)$$

4. В зависимости от принятого коэффициента разноразмерности фильтра по графику черт.I находится коэффициент  $B'$ , определяющий суффозионность состава фильтра.

5. Определяется пористость фильтра  $n_{\phi}$  по приложению I5 (см. график черт.I и формулу I).

6. Определяется расчетный диаметр фракций фильтра  $D_{85}^{расч.}$  по формуле:

$$D_{85}^{расч.} \geq \frac{4(1-n_{\phi})}{n_{\phi} \cdot \sqrt{\eta_{\phi}}} \cdot B' \cdot d_{сг}. \quad (3)$$

7. Проверяется пригодность зернового состава фильтра по условию непрорываемости в поры каменной наброски или раскрытую щель железобетонного крепления.

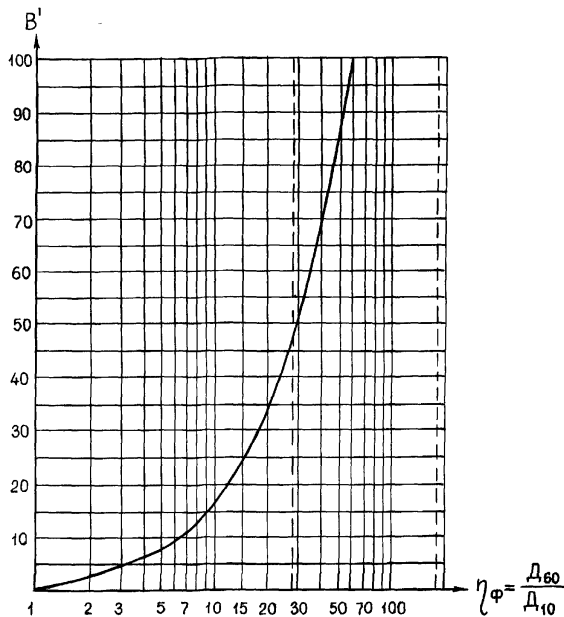
Это условие выражается следующими зависимостями:

- для крепления из каменной наброски:

$$D_{85}^{расч.} \geq 0,55 \times D_0^{KH}, \quad (4)$$

где  $D_0^{KH}$  - диаметр пор каменной наброски, определяемый по формуле:

2283/2

Черт. I График  $V' = f(\eta)$ 

$$D_0^{KH} = 0,46 \cdot \sqrt{\eta^{KH}} \times \frac{n^{KH}}{1 - n^{KH}} \times D_{I7}^{KH}, \quad (5)$$

$\eta^{KH}$ ,  $n^{KH}$ ,  $D_{I7}^{KH}$  - соответственно коэффициент разнозернистости, пористость (в долях единицы) и диаметр камня, меньше которого в составе наброски содержится 17 % по массе, принятые по фактическим данным;

- для щели  $b_{щ}$  железобетонного крепления:

$$D_{85}^{расч.} \geq 0,55 \cdot b_{щ}. \quad (6)$$

8. При невыполнении условий (4) или (6) следует изменить значение коэффициента разнозернистости фильтра  $\eta_{\Phi}$  в большую сторону, но в пределах, ограниченных п.3.

9. При нарушении условий (4) и (6) для измененного состава фильтра рекомендуется:

а) перейти на двухслойный обратный фильтр; при этом состав второго слоя фильтра должен быть подобран таким образом, чтобы удовлетворялось условие:

$$D_{85}^{расч.П} \geq 0,55 D_0^{KH} \quad \text{или} \quad (7)$$

$$D_{85}^{расч.П} \geq 0,55 \cdot b_{щ}; \quad (8)$$

б) или предусмотреть под каменной наброской отсыпку промежуточного слоя из более мелкого камня; при этом его зерновой состав должен быть таким, чтобы средний размер пор  $D_0^{KH'}$ , определенный по зависимости (5), удовлетворял условиям (4) и (6).

Выбор варианта решается в зависимости от наличия местных материалов и технико-экономического сравнения.

10. По полученному значению расчетного диаметра фракций  $D_{85}^{расч.}$  и принятому значению  $\eta_{\Phi}$  находится  $D_{min}^{расч.}$  по формуле:

$$D_{min}^{расч.} = \frac{D_{85}^{расч.}}{1 + (0,1 \cdot P_{85})^x \cdot \frac{\eta_{\Phi} - 1}{0,5 \cdot \eta_{\Phi}}}, \quad (9)$$

где  $x = 1 + 1,28 \cdot \lg \eta_{\Phi}$  (10);  $P_{85} = 85\%$ .

11. Определение расчетных размеров других фракций фильтра ( $D_{10}$ ,  $D_{20} \dots D_{100}$ ) и назначение зоны допустимого зернового состава грунта, пригодного для укладки в фильтр, производится в соответствии с п.п. II и I2 приложения I5.

12. При  $\frac{d_5}{D_0} < 0,7$  запроектированный состав фильтра проверяется по условию неразмываемости контактной зоны грунта верхового откоса плотины и обратного фильтра при пульсирующей фильтрации от наката и отгона волны по формуле:

$$d_{ci} = 0,077 \cdot (\sqrt{I + 17 \cdot \sqrt{\varphi_1} \cdot J_{II}^P} - I) \cdot D_0 \leq d_5, \quad (11)$$

где  $d_5$  - диаметр фракций защищаемого грунта откоса, меньше которых содержится 5 % по массе;

$\varphi_1 = I$  - для песчано-гравийно-галечниковых грунтов фильтра;

$\psi_1 = 0,36$  - для щебеночных грунтов фильтра;

$\mathcal{J}_n^p$  - расчетный градиент напора при пульсации воды в слое фильтра;

$$\mathcal{J}_n^p = 1,35 \cdot \sin \beta ; \quad (I2)$$

$\beta$  - угол наклона верхнего откоса к горизонту;

$\mathcal{D}_0$  - средний диаметр фильтрационных пор фильтра;

$$\mathcal{D}_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_\Phi} \cdot \frac{n_\Phi}{1-n_\Phi} \cdot D_{17}. \quad (I3)$$

При нарушении условия (II) следует руководствоваться указаниями п.8 и 9.

II случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при наличии данных о карьерных грунтах

I3. Проверяется суффозионность защищаемого грунта в соответствии с п.7 приложения 7.

I4. Назначается расчетный размер сводообразующих фракций  $d_{ст}^{расч.}$  защищаемого грунта в зависимости от его суффозионности в соответствии с п.7 приложения I5.

I5. Принимаются по кривой зернового состава карьерного грунта необходимые для дальнейших расчетов размеры фракций:  $D_{10}$ ,  $D_{60}$ ,  $D_{85}$ .

I6. Определяется коэффициент разнородности карьерных грунтов:

$$\eta_\Phi = \frac{D_{60}}{D_{10}}, \quad (I4)$$

где  $D_{60}$  и  $D_{10}$  - принимаются по кривой зернового состава.

I7. Производится сравнение коэффициента разнородности карьерного грунта с допустимыми значениями для обратного фильтра (см.п.3).

I8. Проверяется суффозионность карьерного грунта, предназначенного для укладки в обратный фильтр, в соответствии с п.7 приложения 7.

При этом следует иметь ввиду, что зерновой состав обратного фильтра под креплением напорного откоса плотин должен быть практически несуффозионным.

I9. Расчетный диаметр фракций  $D_{85}$  карьерных грунтов должен удовлетворять условиям непросыпаемости (4) или (6) - см.п.7.

20. Зерновой состав исследуемого карьерного грунта должен удовлетворять условию:

$$d_{ст} \geq 0,55 \mathcal{D}_0. \quad (I5)$$

Определение  $\mathcal{D}_0$  приведено в п.I2.

При соблюдении всех перечисленных требований данный карьерный грунт следует считать пригодным для устройства однослойного фильтра под железобетонное крепление или крепление из каменной наброски без дополнительных мероприятий: отсева мелких или крупных фракций или его обогащения.

2I. Если отношение  $\frac{d_5}{\mathcal{D}_0} < 0,7$ , необходима дополнительная проверка на неразмываемость грунта откоса по контакту с фильтром - см.п.I2.

22. Зона допустимого зернового состава грунта намечается в соответствии с рекомендациями п.I9 приложения I5.

### III. Обратные фильтры, защищающие связные грунты

Предлагаемая методика рекомендуется для проектирования обратных фильтров под крепления верхних откосов плотин из глинистых связных грунтов, обладающих молекулярным сцеплением (см.п.20 приложения I5) и имеющих число пластичности  $\mathcal{J}_p \geq 5 \%$ .

I случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при отсутствии данных о карьерных грунтах

23. Определяется расчетный градиент напора фильтрационного потока по формуле:

$$\mathcal{J}_{расч.} = t_q \beta, \quad 2283/2 \quad (I6)$$

где  $\beta$  – угол наклона напорного откоса к горизонту.

24. Определяется расчетный размер пор грунта фильтра при условии допущения некоторого отслаивания глинистых частиц грунта откоса по формуле:

$$D_0^{\text{расч.}} = \sqrt{\frac{2,25}{J_{\text{расч.}} + 1}}, \text{ см.} \quad (17)$$

25. Материал I-го слоя фильтра подбирается таким образом, чтобы удовлетворялось основное условие, обеспечивающее отсутствие опасных деформаций при возможности некоторого отслаивания связанного грунта, то есть принимается  $D_0^{\text{макс.}} \leq D_0^{\text{расч.}}$ , (18) где  $D_0^{\text{макс.}}$  – максимальный размер фильтрационных пор первого слоя фильтра.

26. Производится проверка прочности глинистого грунта на контактный размыв при пульсирующей фильтрации и фильтре с  $D_0^{\text{макс.}} = D_0^{\text{расч.}}$ .

При допущении некоторого отслаивания частиц связанного грунта это условие выражается следующей зависимостью:

$$J_{\text{п}}^{\text{р}} \leq (0,85 - 0,90) \cdot J_{\text{кр.}}; \quad (19)$$

$J_{\text{п}}^{\text{р}}$  – расчетный градиент напора при пульсации воды в слое фильтра;

$$J_{\text{п}}^{\text{р}} = 1,35 \cdot \sin \beta; \quad (20)$$

$J_{\text{кр.}}$  – критический градиент напора для связанного грунта;

$$J_{\text{кр.}} = \frac{I}{\sqrt{D_0^{\text{макс.}}}} - 0,75. \quad (21)$$

27. Если условие (19) не выполняется, то зерновой состав фильтра следует изменить по  $D_0^{\text{макс.}}$ .

Для нахождения нового состава фильтра определяется значение

$D_0^{\text{макс.}}$  по зависимости:

$$D_0^{\text{макс.}} \leq \frac{1,45}{(J_{\text{п}}^{\text{р}} + 0,90)^2}, \text{ см.} \quad (22)$$

Новый состав первого слоя фильтра, максимальный размер пор которого соответствует зависимости (22), будет удовлетворять основ-

ному условию (18) и условию (19).

28. Определение размеров фракций фильтра несуггезионного зернового состава и назначение зоны допускаемого зернового состава грунта, пригодного для укладки в фильтр, производится в соответствии с рекомендациями п.п. 23–29 приложения I5.

29. По осредненной кривой зоны допустимого зернового состава проектируемого фильтра определяется значение расчетного размера диаметра фракции  $D_{50}$ .

30. По расчетному размеру диаметра фракции фильтра  $D_{50}$  проверяется пригодность зернового состава фильтра по непроницаемости в порн каменной наброски или раскрывшуюся щель железобетонного крепления.

Это условие выражается следующими зависимостями:

– для крепления из каменной наброски:

$$D_{50} \geq 0,55 D_0^{\text{кн}}, \quad (23)$$

где  $D_0^{\text{кн}}$  – диаметр пор каменной наброски заданного зернового состава, определяемый по фактическим данным (см. формулу 5); если зерновой состав каменной наброски не известен, то его можно назначить из условия:

$$D_0^{\text{кн}} \leq 1,8 D_{50}; \quad (24)$$

– для щели  $b_{\text{щ}}$  железобетонного крепления:  $D_{50} \geq 0,55 \cdot b_{\text{щ}}$ . (25)

31. В случаях, когда зерновой состав фильтра не удовлетворяет зависимостям (23) и (25), следует изменить значение коэффициента разнотерности  $\eta_{\text{ф}}$  в большую сторону, но в пределах  $\eta_{\text{ф}}^{\text{оп.}} \leq 50$  и расчет повторить.

Если и в этом случае зависимости (23) и (25) не будут удовлетворяться, то следует переходить на двухслойный обратный фильтр или на устройство промежуточного слоя из мелкого камня (см. п.9).

II случай. Проектирование зернового состава обратного фильтра при наличии данных о карьерных грунтах

2283/2

32. В соответствии с п.п.23 и 24 определяется значение  $D_0^{\text{расч.}}$  для грунта обратного фильтра.

33. По фактической кривой зернового состава карьерного грунта, предназначенного для укладки в обратный фильтр, определяется диаметр фракции  $D_{17}$ .

34. Определяется значение максимального размера пор в карьерном грунте:

$$D_0^{\text{макс.}} = \varkappa \cdot c \cdot \frac{n_{\text{ф}}}{1-n_{\text{ф}}} \cdot D_{17} ; \quad (26)$$

$$c = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\text{ф}}} ; \quad (27)$$

$$\varkappa = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_{\text{ф}}}) . \quad (28)$$

35. Проверяется пригодность карьерного грунта для укладки в обратный фильтр по условиям (I8) и (I9).

36. Если эти условия, а также условие  $\eta_{\text{ф}} \leq 50$ , выполняются, то грунт может быть использован для первого слоя обратного фильтра.

В противном случае строится расчетная кривая зернового состава обратного фильтра и определяется зона допустимых отклонений от нее по способу, указанному в п.п.24-29 приложения I5, и по ней подбирается состав грунта из имеющихся карьерных грунтов с учетом рассева.

37. Толщина и число слоев фильтра назначаются в соответствии с указаниями п.п.35, 36 приложения I5.

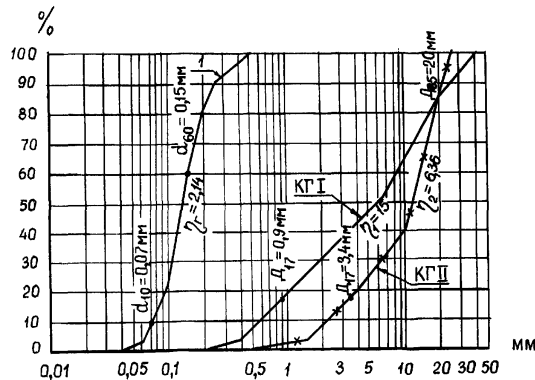
2283/2

## Пример I.

Проектирование зернового состава обратного фильтра, защищающего несвязные грунты, при наличии данных о карьерных грунтах.

Исходные данные:

I. Зерновой состав грунта верхового откоса плотины и карьерных грунтов, предназначенных для первого слоя обратного фильтра, представлены на черт. I.



Черт. I Зерновой состав грунтов

I — грунт тела плотины;

КГ I и КГ II — карьерные грунты для обратного фильтра.

а) Данные защищаемого грунта верхового откоса плотины:

- коэффициент разнозерности  $\eta_r = 2,14$ ;
- пористость  $n_r = 0,37$ ;
- размеры фракций:  $d_5 = 0,06$  мм;  $d_{17} = 0,085$  мм;  
 $d_{10} = 0,07$  мм;  $d_{60} = 0,15$  мм.

б) Данные карьерных грунтов:

карьерный грунт (КГ I):

- коэффициент разнозерности  $\eta_\phi^I = 15$ ;
- пористость  $n_\phi^I = 0,29$ ;
- размеры фракций  $D_5^I = 0,45$  мм;  $D_{17}^I = 0,9$  мм;  
 $D_{10}^I = 0,60$  мм;  $D_{60}^I = 9$  мм;  
 $D_{85}^I = 20$  мм.

карьерный грунт (КГ II):

- коэффициент разнозерности  $\eta_\phi^{II} = 6,36$ ;
- пористость  $n_\phi^{II} = 0,33$ ;
- размеры фракций  $D_5^{II} = 1,75$  мм;  $D_{17}^{II} = 3,4$  мм;  
 $D_{10}^{II} = 2,3$  мм;  $D_{60}^{II} = 3,8$  мм;  
 $D_{85}^{II} = 20$  мм.

2. Размер щели в железобетонном креплении может достигать  $b_{щ} = 1,0$  см

3. При известном зерновом составе диаметр пор каменной наброски, определенный по зависимости (5) приложения I7, составляет  $D_0^{KH} = 35$  мм.

4. Коэффициент верхового откоса  $m_1 = 3$  ( $\beta = 18^\circ 26'$ ).

Задача расчета: выяснить пригодность карьерных грунтов КГ I и КГ II для укладки в обратный фильтр под крепление верхового откоса плотины.

I. Проверяется суффозионность грунта тела плотины (см. п.7 приложения 7):

$$\frac{d_5}{d_{17}} = \frac{0,06}{0,085} = 0,71; \quad N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta_r} \cdot (2 + \sqrt{\eta_r}) \cdot \frac{n_r}{1 - n_r};$$

$$N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{2,14} (2 + \sqrt{2,14}) \cdot \frac{0,37}{1 - 0,37} = 0,23;$$

$$\frac{d_5}{d_{17}} > N \quad (0,71 > 0,23).$$

Защищаемый грунт несуффозионный.

2283/2

2. Назначается расчетный размер сводообразующих фракций несущего-злонного защищаемого грунта  $d_{\Gamma}^{\text{расч.}}$  по графику черт.4 приложения I5.

При  $\eta_{\Gamma} = 2,14$  и  $B = 5$  для песчано-гравелистого материала  $P_{\text{сг}} = 60\%$ . На кривой зернового состава защищаемого грунта этому процентному содержанию соответствует

$$d_{\text{сг}}^{\text{расч.}} = d_{60} = 0,15 \text{ мм.}$$

3. Коэффициент разноразности карьерных грунтов сравнивается с допустимыми значениями:

а) при несущем защищаемом грунте  $\eta_{\Phi}^{\text{гон}} \leq 25$ ;

б) для карьерного грунта КГ I по фактическим данным:  $\eta_{\Phi}^{\text{I}} = 15$ ;

$$\eta_{\Phi}^{\text{I}} < \eta_{\Phi}^{\text{гон}} \quad (15 < 25);$$

в) для карьерного грунта КГ II по фактическим данным:  $\eta_{\Phi}^{\text{II}} = 6,36$ ;

$$\eta_{\Phi}^{\text{II}} < \eta_{\Phi}^{\text{гон}} \quad (6,36 < 25).$$

Таким образом, по коэффициенту разноразности карьерные грунты КГ I и КГ II пригодны для использования в обратный фильтр.

4. Карьерные грунты должны быть несущими. Это условие выражается зависимостью:

$$\frac{D_5}{D_{17}} \geq N; \quad N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\Phi}} \cdot (2 + \sqrt{\eta_{\Phi}}) \cdot \frac{n_{\Phi}}{1 - n_{\Phi}};$$

а) карьерный грунт КГ I:

$$\frac{D_5^{\text{I}}}{D_{17}^{\text{I}}} = \frac{0,45}{0,9} = 0,50; \quad \eta_{\Phi}^{\text{I}} = 0,29;$$

$$N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{15} \cdot (2 + \sqrt{15}) \cdot \frac{0,29}{1 - 0,29} = 0,376 \approx 0,38;$$

$$0,50 > 0,38.$$

б) карьерный грунт КГ II:

$$\frac{D_5^{\text{II}}}{D_{17}^{\text{II}}} = \frac{1,75}{3,4} = 0,51; \quad \eta_{\Phi}^{\text{II}} = 0,33;$$

$$N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{6,36} \cdot (2 + \sqrt{6,36}) \cdot \frac{0,33}{1 - 0,33} = 0,303 \approx 0,30;$$

$$0,51 > 0,30.$$

Оба карьерных грунта несущие и поэтому годятся для обратного фильтра под крепление верхового откоса.

5. Проверяется условие непрорываемости фильтра в поры каменной наброски или в щель железобетонного крепления по условиям:

$$d_{85}^{\text{расч.}} \geq 0,55 \cdot D_0^{\text{KH}} \text{ или } d_{85}^{\text{расч.}} \geq 0,55 \cdot b_{\text{щ}};$$

а) карьерный грунт КГ I:

$$d_{85}^{\text{I}} = 20 \text{ мм}; \quad 0,55 \cdot D_0^{\text{KH}} = 0,55 \cdot 35 = 19,25 \text{ мм};$$

$$0,55 \cdot b_{\text{щ}} = 0,55 \cdot 10 = 5,5 \text{ мм};$$

$$d_{85}^{\text{I}} > 0,55 \cdot D_0^{\text{KH}} \quad (20 > 19,25);$$

$$d_{85}^{\text{I}} > 0,55 \cdot b_{\text{щ}} \quad (20 > 5,5);$$

б) карьерный грунт КГ II:

$$d_{85}^{\text{II}} = 20 \text{ мм}; \quad 0,55 \cdot D_0^{\text{KH}} = 19,25 \text{ мм}; \quad 0,55 \cdot b_{\text{щ}} = 5,5 \text{ мм};$$

$$d_{85}^{\text{II}} > 0,55 \cdot D_0^{\text{KH}} \quad (20 > 19,25);$$

$$d_{85}^{\text{II}} > 0,55 \cdot b_{\text{щ}} \quad (20 > 5,5).$$

По условию непрорываемости в поры каменной наброски или в щель железобетонного крепления оба карьерных грунта также пригодны для использования в обратный фильтр.

6. Проверяется условие непрорываемости защищаемого грунта в фильтр:

$$d_{\text{сг}} > 0,55 \cdot D_0;$$

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\Phi}} \cdot \frac{n_{\Phi}}{1 - n_{\Phi}} \cdot D_{17};$$

а) карьерный грунт КГ I:

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{15} \cdot \frac{0,29}{1 - 0,29} \cdot 0,9 = 0,265 \text{ мм}; \quad d_{\text{сг}} = 0,15 \text{ мм};$$

$$0,55 \cdot D_0 = 0,55 \cdot 0,265 = 0,146 \text{ мм};$$

$$d_{\text{сг}} \approx 0,55 \cdot D_0;$$

2283/2

б) карьерный грунт КГП:

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{6,36} \cdot \frac{0,33}{I-0,33} \cdot 3,4 = 1,04 \text{ мм};$$

$$0,55 \cdot D_0 = 0,55 \cdot 1,04 = 0,57 \text{ мм};$$

$$d_{cr} < 0,55 \cdot D_0 \quad (0,15 \text{ мм} < 0,57 \text{ мм}).$$

Ввиду того, что для карьерного грунта КГП последнее условие не удовлетворяется, он может быть рекомендован к применению в обратный фильтр только после его обогащения.

Карьерный грунт КГП пригоден для устройства обратного фильтра и под каменную наброску и под железобетонное крепление, так как удовлетворяет всем необходимым условиям.

7. Так как для карьерного грунта КГП не выполняется условие

$$\frac{d_5}{D_0} > 0,7, \text{ то есть имеем } \frac{0,06}{0,265} = 0,226 < 0,7, \text{ то необходима}$$

дополнительная проверка на контактный размыв (см. п. I2 приложения I7).

$$J_n^p = 1,35 \cdot \sin \beta = 1,35 \cdot \sin 18^\circ 26' = 1,35 \times 0,3162 = 0,43;$$

$$\beta = 18^\circ 26' \text{ при } m_1 = 3;$$

$$d_{ci} = 0,077 \cdot (\sqrt{1 + 17 \cdot \sqrt{J_n^p}} - 1) \cdot D_0;$$

$$d_{ci} = 0,077 \cdot (\sqrt{1 + 17 \times 1 \times 0,43} - 1) \cdot 0,265 = 0,038 \text{ мм};$$

$$d_{ci} = 0,038 \text{ мм} < d_5 = 0,06 \text{ мм}.$$

Проверка подтверждает надежность подобранного однослойного обратного фильтра из карьерного грунта КГП.

Пример 2.

Проектирование зернового состава обратного фильтра, защищающего связные грунты, при наличии данных о карьерных грунтах.

Исходные данные:

I. Материал тела плотины - суглинок.

В качестве расчетных характеристик грунта тела плотины принимаются:

$$\text{— плотность сухого грунта при его укладке } \rho_d = 1,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\text{— плотность частиц грунта } \rho_s = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\text{— пористость } n_r = 0,37;$$

$$\text{— число пластичности } J_p = 12 \%;$$

$$\text{— верхний предел пластичности } w_L = 35,46 \%;$$

$$\text{— нижний предел пластичности } w_p = 21,48 \%;$$

$$\text{— содержание глинистых частиц } d < 0,005 \text{ мм} - 15 \%;$$

$$\text{— содержание пылеватых частиц от 0,05 до 0,005 мм} - 20 \%.$$

2. Данные по карьерному грунту:

$$D_{10} = 8 \text{ мм}; \quad D_{17} = 11 \text{ мм}; \quad D_{60} = 34 \text{ мм}; \quad \eta_\phi = 4,26; \quad n_\phi = 0,4.$$

$$3. \text{ Коэффициент верхового откоса } m_1 = 3 \quad (\beta = 18^\circ 26').$$

Задача расчета: выяснить пригодность карьерного грунта для укладки в обратный фильтр под крепление верхового откоса.

I. Защищаемый грунт тела плотины следует считать связным грунтом ( $J_p = 12 \% > 5 \%$ ;  $d < 0,05 \text{ мм} > 20 \%$ ), обладающим молекулярным сцеплением, так как выполняется условие I7 приложения I5:

$$\rho_d \geq \frac{\rho_s}{1 + e_r}; \quad e_r = \frac{\rho_s \cdot w_L}{100 \cdot \rho_b}; \quad \rho_d = 1,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$e_r = \frac{2,7 \times 35,46}{100 \times 1} = 0,96; \quad \frac{\rho_s}{1 + e_r} = \frac{2,7}{1 + 0,96} = 1,38 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$1,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} > 1,38 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

2. В соответствии с п. 23 приложения I7 определяется расчетный градиент напора фильтрационного потока:

$$J_{расч.} = t_g \beta, \quad J_{расч.} = t_g 18^\circ 26' = 0,33;$$

3. Определяется расчетный размер пор фильтра по зависимости I7 приложения I7:

$$D_0^{расч.} = \sqrt{\frac{2,25}{J_{расч.} + 1}}; \quad D_0^{расч.} = \sqrt{\frac{2,25}{0,33 + 1}} = 1,3 \text{ см}.$$

2283/2



Альбом I, ч. II  
820-04-28.87

4. По фактическим данным (кривая зернового состава) принимается значение размера фракции карьерного грунта  $D_{17} = 11$  мм.

5. Определяется значение максимального размера пор в карьерном грунте:

$$D_0^{\text{макс.}} = x \cdot c \cdot \frac{n_{\varphi}}{1-n_{\varphi}} \cdot D_{17}; \quad x = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_{\varphi}}); \quad c = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\varphi}};$$

$$x = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{4,26}) = 1,42;$$

$$c = 0,46 \cdot \sqrt[6]{4,26} = 0,58;$$

$$D_0^{\text{макс.}} = 1,42 \times 0,58 \times \frac{0,40}{1-0,40} \cdot 11 = 6,03 \text{ мм.}$$

6. Производится проверка пригодности карьерного грунта по условию 18 приложения I7:

$$D_0^{\text{макс.}} \leq D_0^{\text{расч.}} \quad (6,03 \text{ мм} < 13 \text{ мм}).$$

Условие удовлетворяется.

7. Проверяется прочность глинистого грунта на контактный размыв по условию 19 приложения I7:

$$J_{\text{п}}^{\text{р}} = 1,35 \cdot \sin \beta = 1,35 \cdot \sin 18^{\circ}26' = 1,35 \cdot 0,3162 = 0,43;$$

$$J_{\text{кр.}} = \frac{1}{\sqrt{D_0^{\text{макс.}}}} - 0,75; \quad J_{\text{кр.}} = \frac{1}{\sqrt{0,6}} - 0,75 = 0,54;$$

$$0,9 \cdot J_{\text{кр.}} = 0,9 \times 0,54 = 0,49;$$

$$J_{\text{п}}^{\text{р}} < 0,9 \cdot J_{\text{кр.}} \quad (0,43 < 0,49). \text{ Условие удовлетворяется.}$$

8. Коэффициент разнозернистости карьерного грунта

$$\eta_{\varphi} = 4,26 < \eta_{\varphi}^{\text{доп}} = 50.$$

Так как условия п.п.6-8 выполняются, то карьерный грунт может быть использован в качестве первого слоя фильтра для защиты связного грунта верхового откоса плотины.

Инв.№подл. Подпись и дата Взам.инв.№

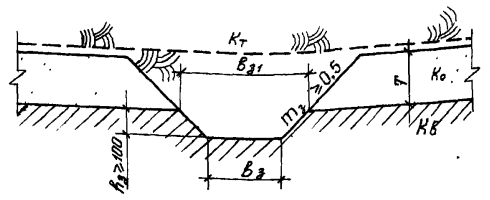
2283/2

820-04-28.87 Альбом 1, ч. II

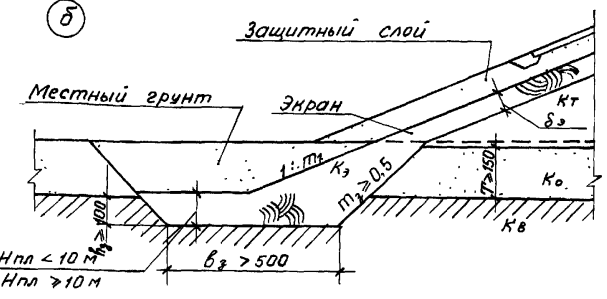
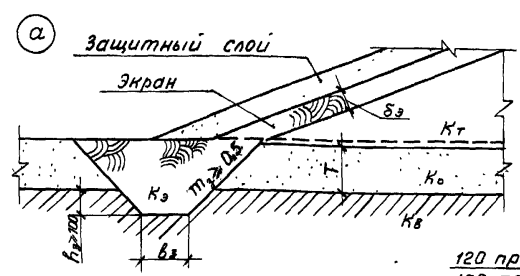
КОНСТРУКЦИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ С ОСНОВАНИЕМ  
А. ПРИ ВОДОУПЕРЕ, РАСПОЛОЖЕННОМ НА ГЛУБИНЕ  $T \leq 3,0$  м

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

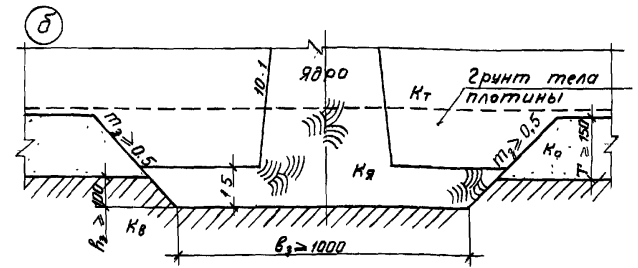
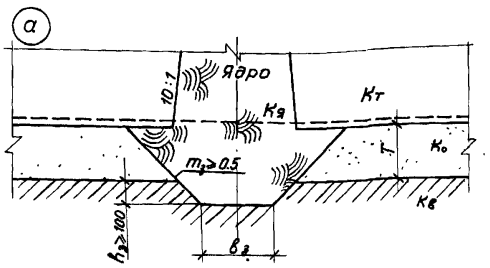
1. ЗУБ ПЛОТИНЫ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА



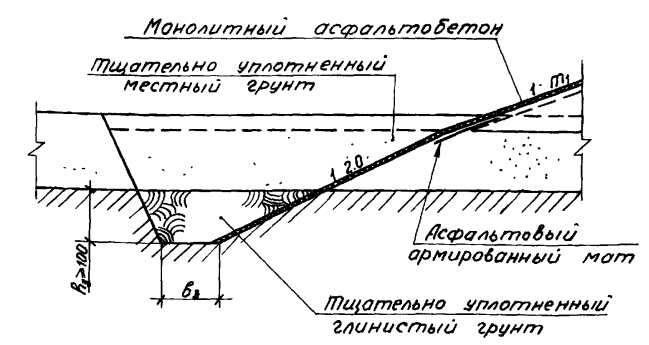
2. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА



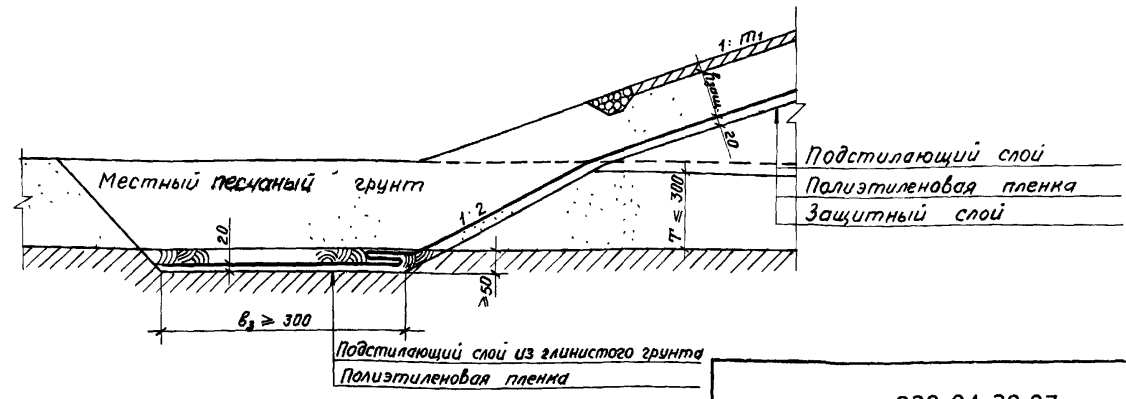
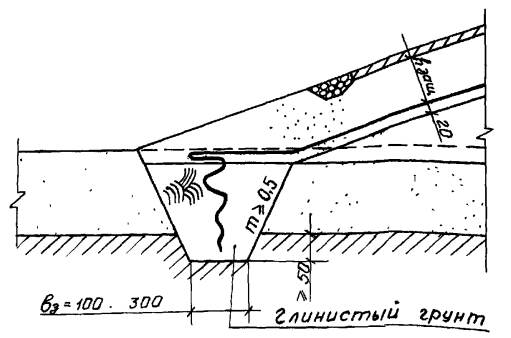
3. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ



4. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА



5. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

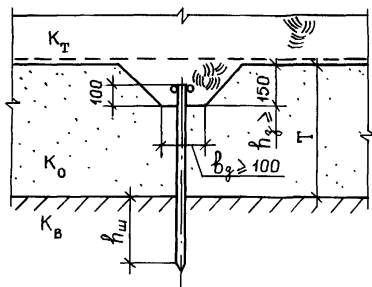


Инв.№подл. Подпись и дата Взам.инв.№

2283/2

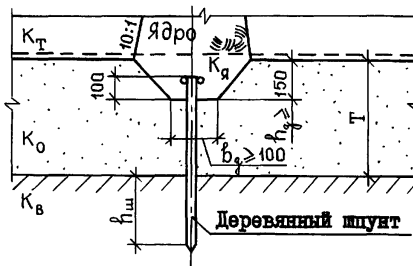
Б. ПРИ ВОДОУПОРЕ, РАСПОЛОЖЕННОМ НА ГЛУБИНЕ  $T > 3,0$  М

ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

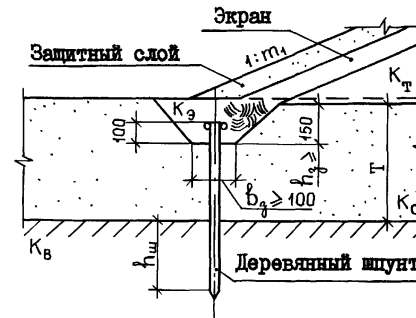


ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ДИАФРАГМА ("СТЕНА В ГРУНТЕ") ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ

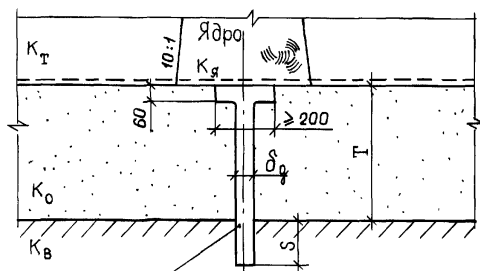
ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ



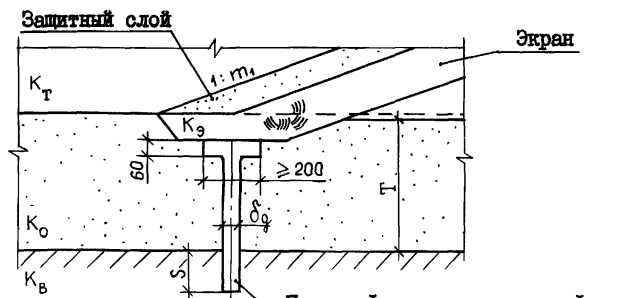
ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ



ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ДИАФРАГМА ("СТЕНА В ГРУНТЕ") ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ



Противофильтрационная диафрагма



Противофильтрационная диафрагма

ВЕЛИЧИНА  $b_{ш}$  В МЕТРАХ

Таблица I

Грунт тела плотины	$K_0/K_T$								
	10			50			$\geq 100$		
	Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м								
	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13
Суглинок	2,0	2,0	2,0	2,5	5,0	8,0	2,5	5,5	9,0
Супесь	2,0	4,5	7,0	3,5	8,0	13,0	4,0	8,5	13,5

ВЕЛИЧИНА  $b_{э}$  В МЕТРАХ

Таблица 2

Грунт водоупора	$K_0/K_T$								
	10			50			$\geq 100$		
	Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м								
	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13
Суглинок	1,0	5,0	9,0	2,5	8,5	14,5	3,0	9,0	15,0
Плотная глина	1,0	1,0	1,0	1,0	3,5	7,0	1,0	4,0	8,0

2283/2

ВЕЛИЧИНА  $b_z$  В МЕТРАХ

Таблица 3

Грунт водоупора	$K_0/K_B$									
	10			50			≥ 100			
	Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м									
	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	
Суглинок	2,5	8,5	15,0	3,0	8,5	15,0	3,0	9,0	15,5	
Плотная глина	1,0	4,0	8,0	1,0	4,5	8,5	1,0	4,5	8,5	

ВЕЛИЧИНЫ  $h_w$  И Т В МЕТРАХ

Таблица 4

Грунт водоупора	Обозначение величин	$K_0/K_B$								
		10			50			≥ 100		
		Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м								
		5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13
Суглинок	$h_w$	1,0	3,0	-	2,5	-	-	1,5	3,5	-
	T	7,0	5,0	-	5,5	-	-	6,5	4,5	-
Глина	$h_w$	1,0	1,0	1,0	1,5	3,5	4,5	1,0	2,0	3,5
	T	7,0	7,0	7,0	6,5	4,5	3,5	7,0	6,0	4,5

ВЕЛИЧИНЫ  $h_w$  И Т В МЕТРАХ

Таблица 5

Грунт водоупора	Обозначение величин	$K_0/K_B$								
		10			50			≥ 100		
		Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м								
		5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13
Суглинок	$h_w$	2,0	-	-	2,5	-	-	1,5	3,5	-
	T	6,0	-	-	5,5	-	-	6,5	4,5	-
Глина	$h_w$	1,0	3,0	4,5	1,5	3,5	-	1,0	2,0	3,5
	T	7,0	5,0	3,5	6,5	4,5	-	7,0	6,0	4,5

ВЕЛИЧИНА S В МЕТРАХ

Таблица 6

Грунт водоупора	$\delta_g$ м	$K_0/K_B$								
		10			50			≥ 100		
		Высота плотины $H_{пл}$ /напор $H_H$ , м								
		5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13	5/3,5	10/8	15/13
Глина	0,5	1,0	2,5	4,0	1,5	3,0	-	1,5	3,0	-
	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	2,5	4,5	1,0	3,0	4,5

## ПРИМЕЧАНИЯ:

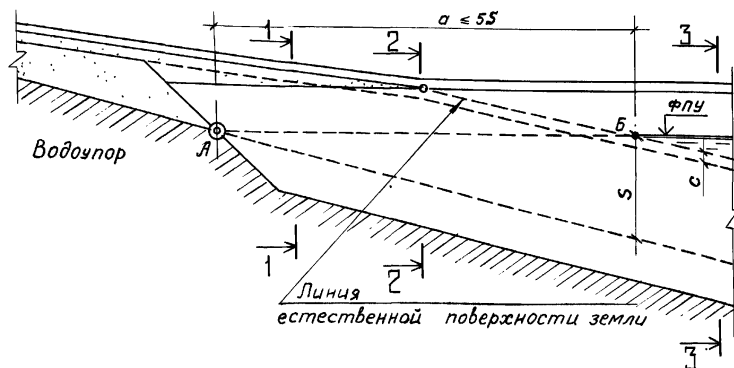
1. Зуб плотины из глинистого грунта выполняется из грунта, используемого для тела плотины; зуб плотины с ядром или экраном - из грунта, используемого для ядра или экрана. Характеристики грунта зуба должны отвечать требованиям, которые предъявляются к грунтам указанных элементов плотины.
2. Конструкции зуба по типу 2<sup>б</sup> и 3<sup>б</sup> выполняются при технико-экономическом обосновании целесообразности их, по сравнению с типами 2<sup>а</sup> и 3<sup>а</sup>.
3. Коэффициент откосов траншеи для зуба  $m_z$  назначается в зависимости от ее глубины, вида грунта основания и его влажности.
4. Ширина по верху траншеи для зуба должна быть не менее ширины ядра или экрана в плоскости подошвы плотины.
5. Ширина зуба  $b_z$  и  $b_{z1}$  назначается по табл.1, 2, 3, при этом: а) для плотин из глинистых грунтов ширина зуба по основанию  $b_z$ , полученная по табл.2, уточняется: она принимается не менее ширины по основанию зуба, определяемой с учетом величины  $b_{z1}$  (см.табл.1); б) для плотин с экраном или ядром при определении  $b_z$  по табл.3 за величину  $K_0$  следует принимать наибольшее из значений коэффициентов фильтрации водопроницаемого основания или тела плотины. Таблицы 1, 2 и 3 применимы для глубины залегания водоупора  $T \leq 3,0$  м.
6. Ширина зуба по основанию принимается переменной по длине плотины в зависимости от изменения напора.
7. Глубина забивки шпунта в слабопроницаемый грунт основания  $h_w$  и предельная толщина водопроницаемого слоя основания T, при которой практически возможно устройство деревянной шпунтовой стенки, введенной в водоупор, приведены; для плотин из глинистых грунтов - в табл.4; для плотин с экраном или ядром - в табл.5. При определении T максимальная глубина забивки деревянного шпунта принята 6,5 м, глубина зуба - 1,5 м.
8. Заглубление в водоупор противофильтрационной диафрагмы S, выполняемой из комовой глины или заглинизированного грунта траншейным методом, назначается по табл.6. При определении S толщина диафрагмы  $\delta_g$  принята 0,5 и 1,0 м,  $T=H_{пл}$ .
9. Объемы работ по устройству зуба приведены в приложении 2I. Конструкция деревянного шпунта см.на листе 4I.
10. Размеры на чертеже даны в сантиметрах.

2283/2

КОНСТРУКЦИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ С БЕРЕГОМ

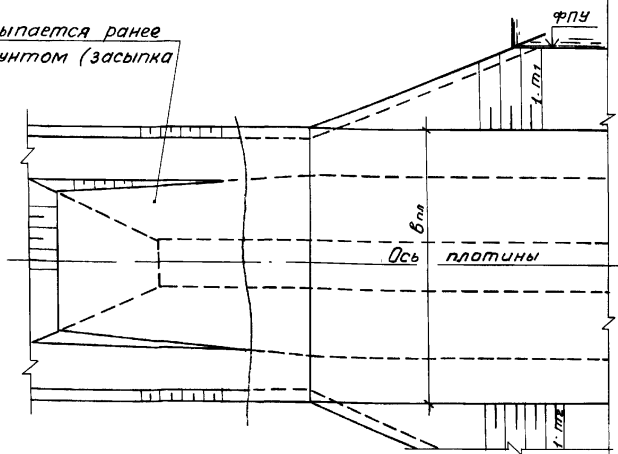
ПРИЛОЖЕНИЕ 20

1. ПЛОТИНА ИЗ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ  
Разрез по оси плотины

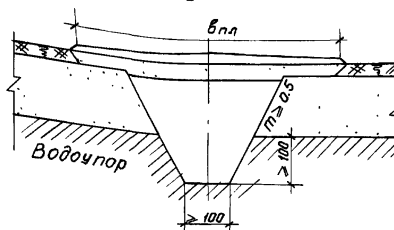


План

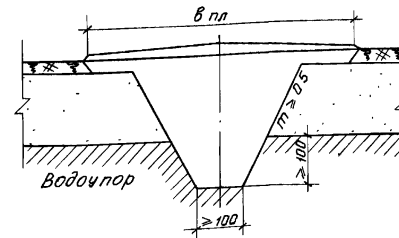
Траншея засыпается ранее  
вынутым грунтом (засыпка  
не показана)



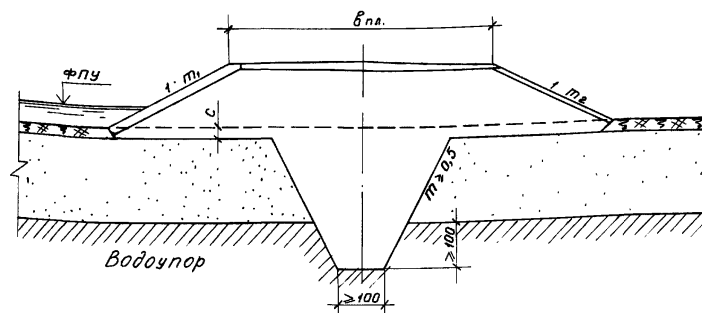
Разрез 1-1



Разрез 2-2



Разрез 3-3



Примечания:

1. Конструкция сопряжения дана для случая основания, сложенного из песка или супеси легкой, и расположения водоупора на практически достигаемой глубине.
2. Зуб, сопрягающий тело плотины с водоупором, врезается в берег на величину  $a$ , определяемую точкой пересечения линии ФПУ с водоупором (точка А). В случае, если величина  $a$  более  $5S$  (где  $S$  - разность отметок ФПУ и поверхности водоупора под точкой пересечения ФПУ с поверхностью земли), врезку зуба в берег следует осуществить на длину равную  $5S$ .
3. Размеры на чертеже даны в сантиметрах.

2283/2

820-04-28.87

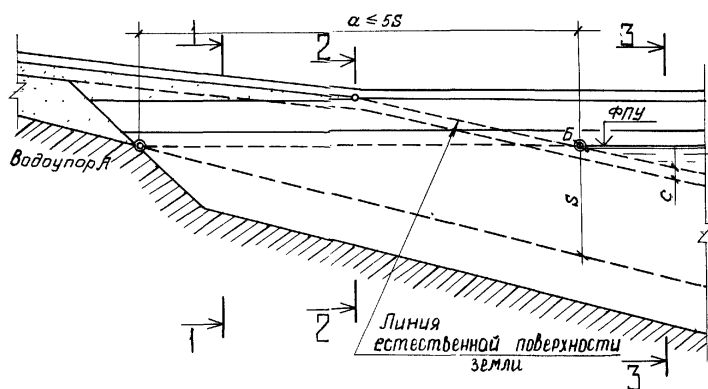
ПЗ

Лист

137

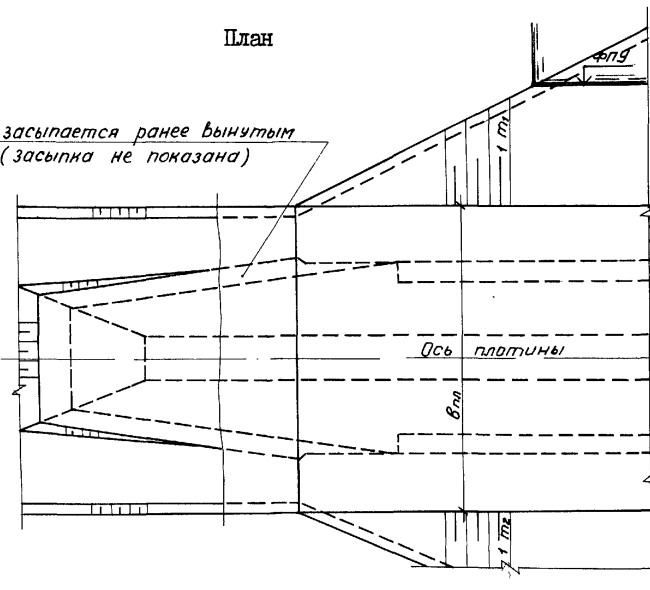
## 2. ПЛОТИНА ИЗ ПЕСКА С ЯДРОМ

Разрез по оси плотины

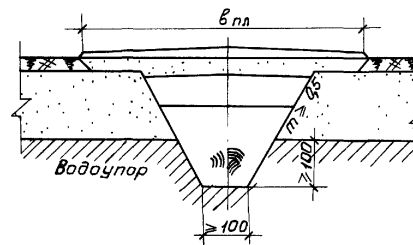


План

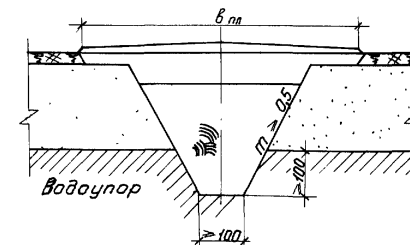
Траншея засыпается ранее вынутым грунтом (засыпка не показана)



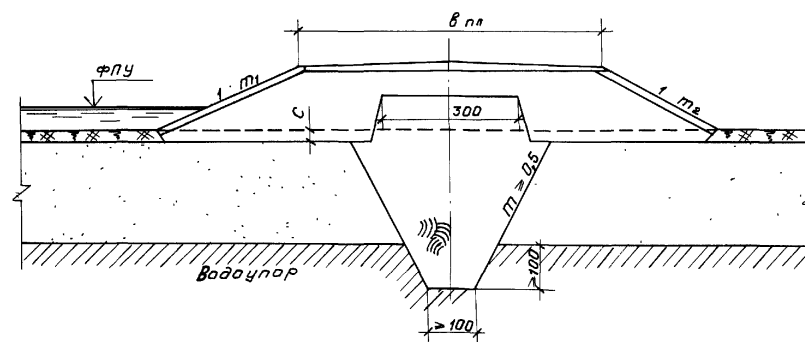
Разрез I-I



Разрез 2-2



Разрез 3-3



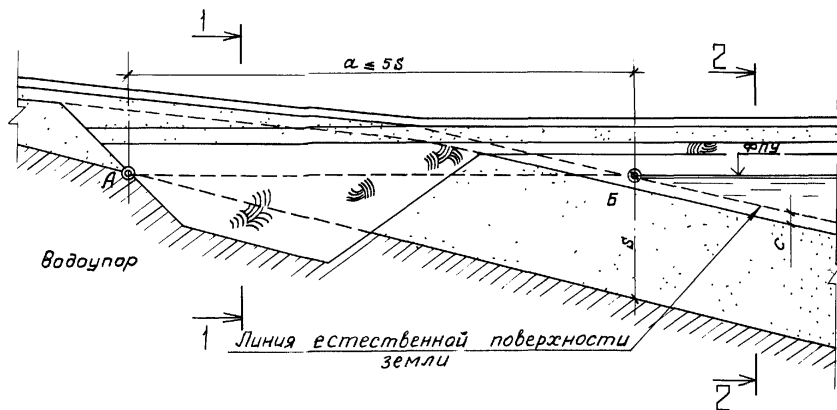
## Примечания:

1. Конструкция сопряжения дана для случая основания, сложенного из песка или супеси легкой и расположения водоупора на практически достигаемой глубине.
2. Зуб, сопрягающий тело плотины с водоупором, врезается в берег на величину  $a$ , определяемую точкой пересечения линии ФПУ с водоупором (точка А). В случае, если величина  $a$  более  $5S$  (где  $S$  - разность отметок ФПУ и поверхности водоупора под точкой пересечения ФПУ с поверхностью земли), врезку зуба в берег следует осуществить на длину равную  $5S$ .
3. Размеры на чертеже даны в сантиметрах.

2283/2

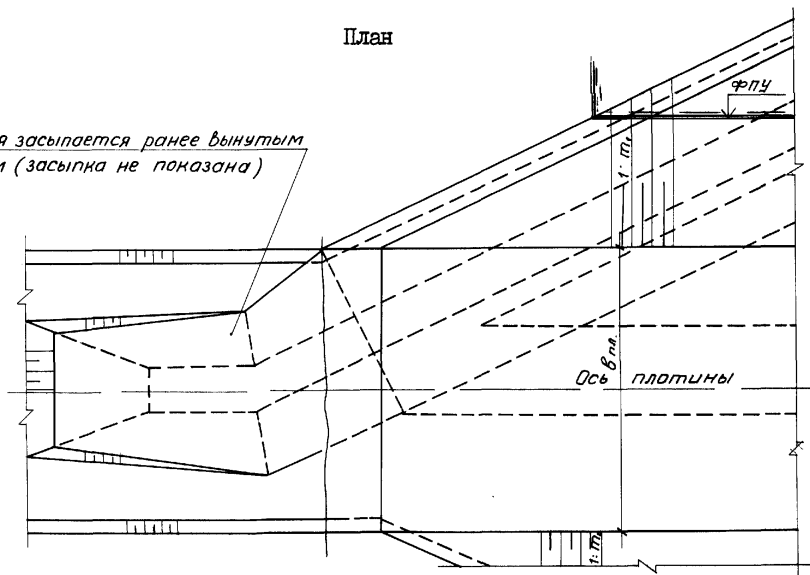
## 3. ПЛОТИНА ИЗ ПЕСКА С ЭКРАНОМ ИЗ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Разрез по оси плотины

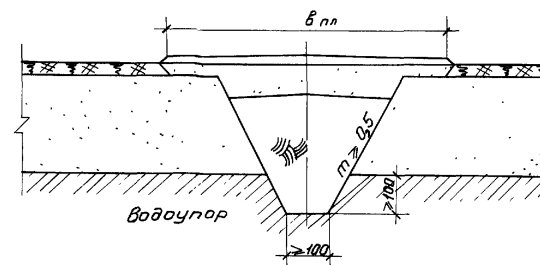


План

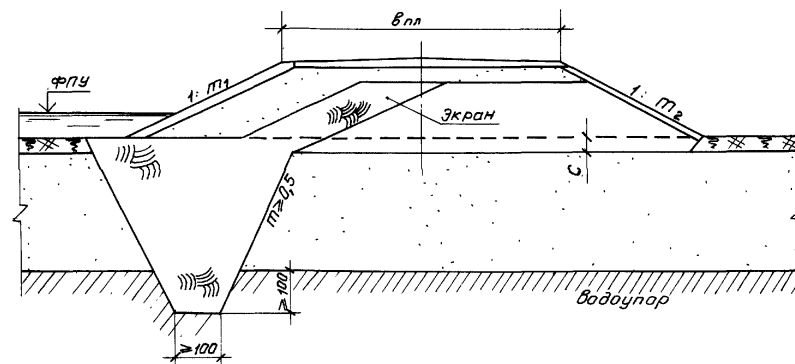
Траншея засыпается ранее вынутым грунтом (засыпка не показана)



Разрез I-I



Разрез 2-2



## Примечания:

1. Конструкции сопряжений даны для случая основания, сложенного из песка или супеси легкой, и расположения водоупора на практически достигаемой глубине.
2. Экран врезается в берег на величину  $a$ , определяемую точкой пересечения линии ФПУ с водоупором (точка А).
3. Размеры на чертеже даны в миллиметрах.

2283/2

ОБЪЕМЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА СЕКЦИЮ ПЛОТИНЫ 100М

ГРАФИК I  $m_1 = 2,0; m_2 = 2,0$

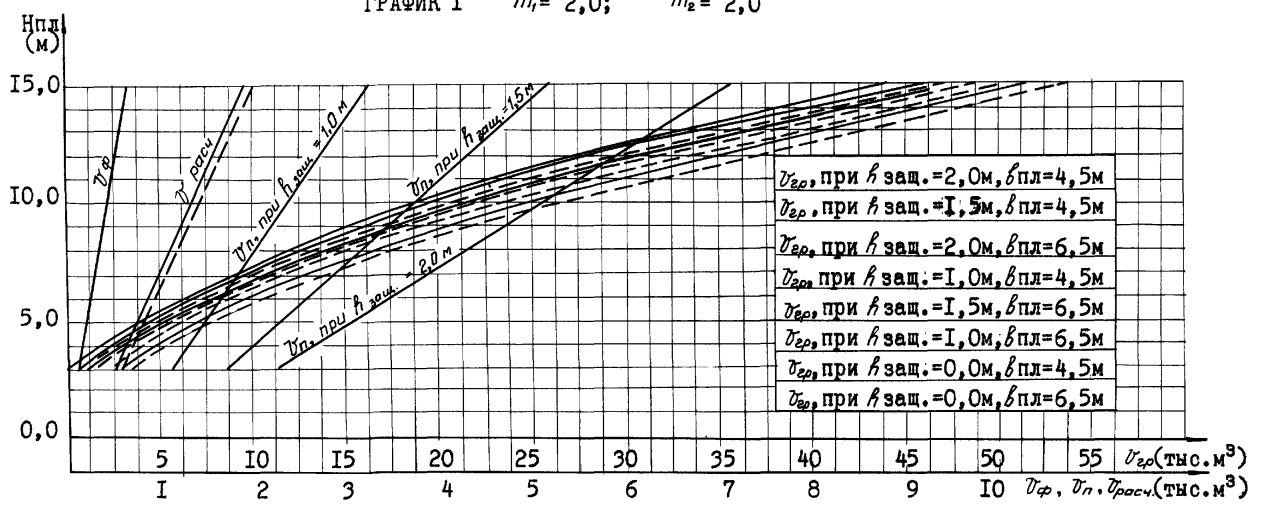
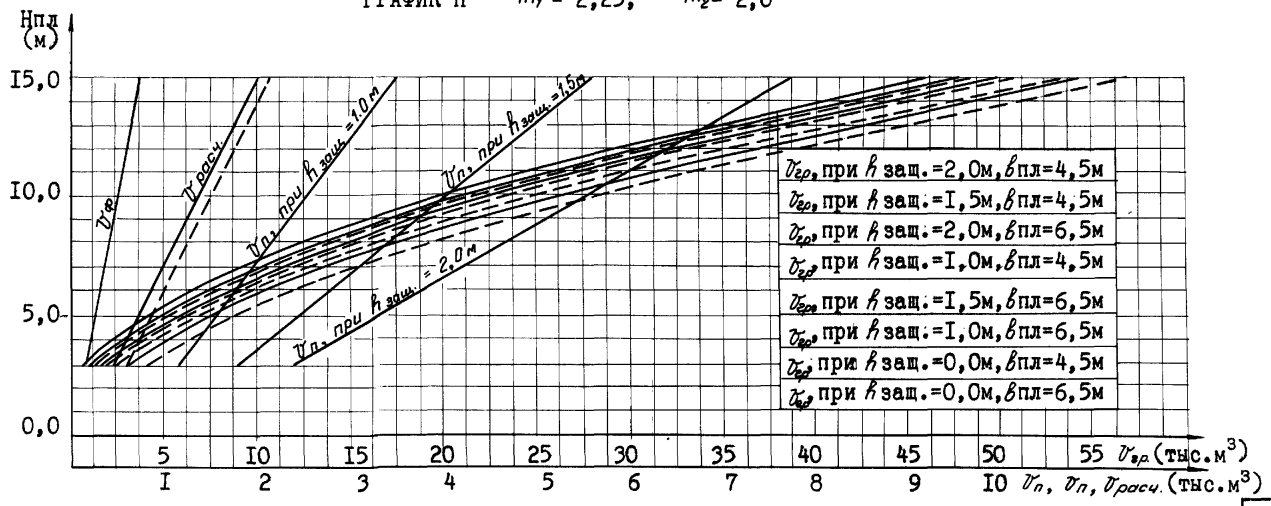


ГРАФИК II  $m_1 = 2,25; m_2 = 2,0$



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- $V_{гр}$  - объем грунта тела плотины, включая растительный грунт на низовом откосе
- $V_n$  - объем песка защитного слоя
- $V_{фр}$  - объем фильтра (или песка) толщиной 0,2м под креплением
- $V_{расч}$  - объем грунта расчистки основания
- $V_я$  - объем грунта ядра
- $V_э$  - объем грунта экрана
- $h_{заш}$  - толщина защитного слоя
- $h_{з.ср}$  - средняя толщина экрана

ПРИМЕЧАНИЯ:

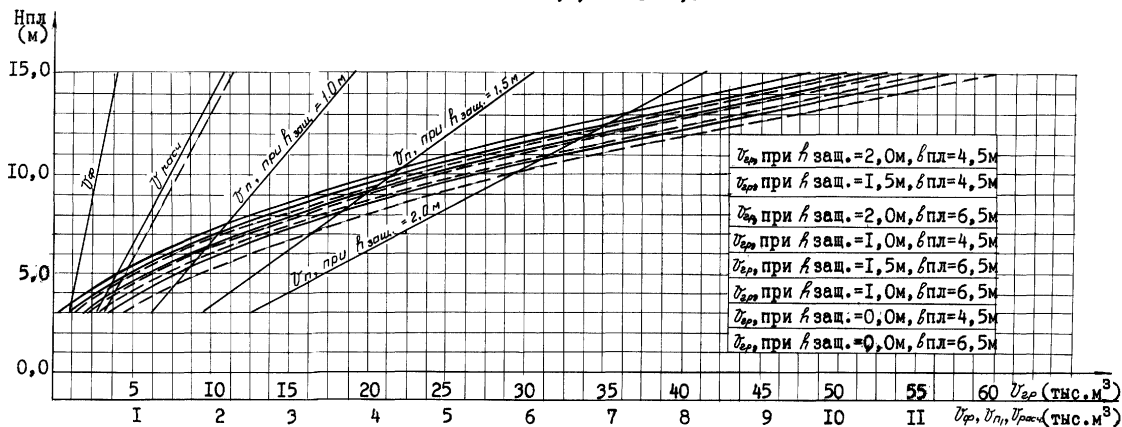
1. Объемы земляных работ на графиках I-УШ даны для плотин из одного вида грунта с защитным слоем или без него, при ширине плотины по гребню 4,5 и 6,5 м и глубине расчистки основания  $C=0,3 м$ .
2. Объемы земляных работ по устройству ядра и экрана приведены на стр. 146, Для определения объема грунта защитного слоя и тела плотины с ядром или экраном могут быть использованы графики I-УШ; при этом из объема грунта  $V_{гр}$  должен быть исключен объем ядра  $V_я$  или экрана  $V_э$ .
3. Графики не учитывают объемы зуба, понура, а также надбавки на осадку основания и тела плотины.
4. Объемы работ по устройству сопрягающего зуба и понура приведены на стр. 83.
5. Объемы ядра и экрана определены для условий отсутствия защитного слоя по гребню плотины.

2283/2

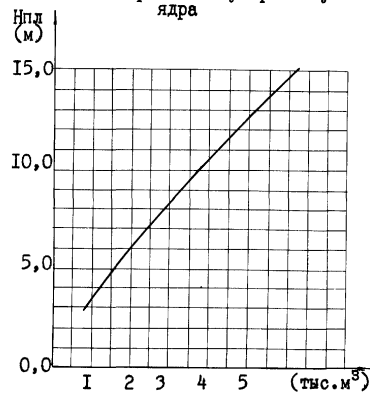
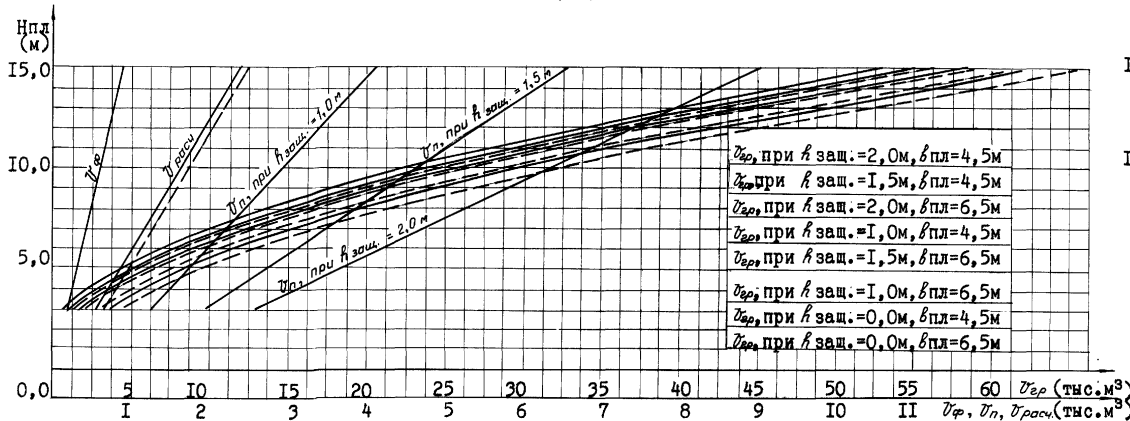
Альбом 1, ч. II 820-04-28.87

Имя, Фамилия, Подпись и дата Взам. инв. №

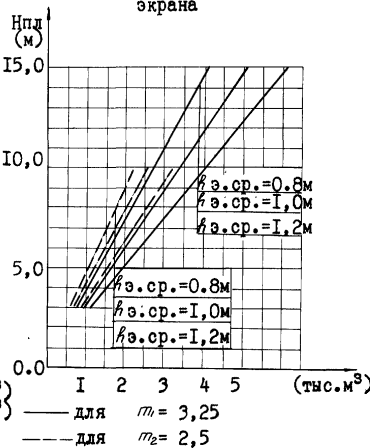


ГРАФИК III  $m_1 = 2,5$ ;  $m_2 = 2,0$ 

Объемы работ по устройству ядра

ГРАФИК IV  $m_1 = 2,75$ ;  $m_2 = 2,25$ 

Объемы работ по устройству экрана



Условные обозначения и примечания см. на стр. 79

2.283/2

ГРАФИК У  $m_1 = 3,0; m_2 = 2,25$

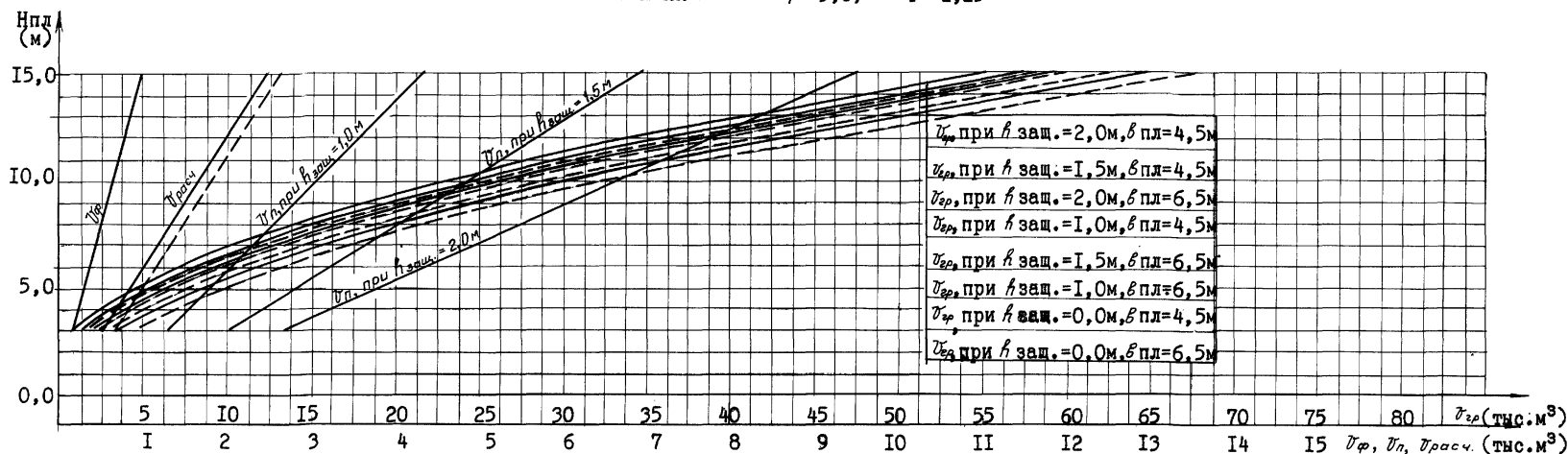
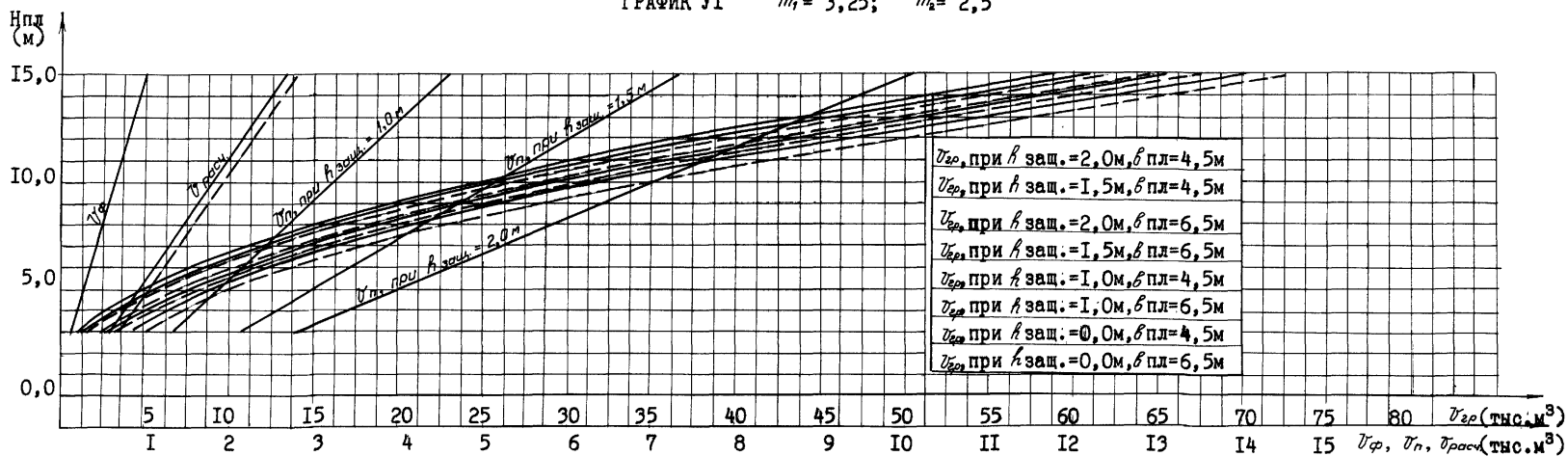


ГРАФИК УІ  $m_1 = 3,25; m_2 = 2,5$



Условные обозначения и примечания см. на стр. 79

2283/2

ГРАФИК УП  $m_1 = 3,5$ ;  $m_2 = 2,5$

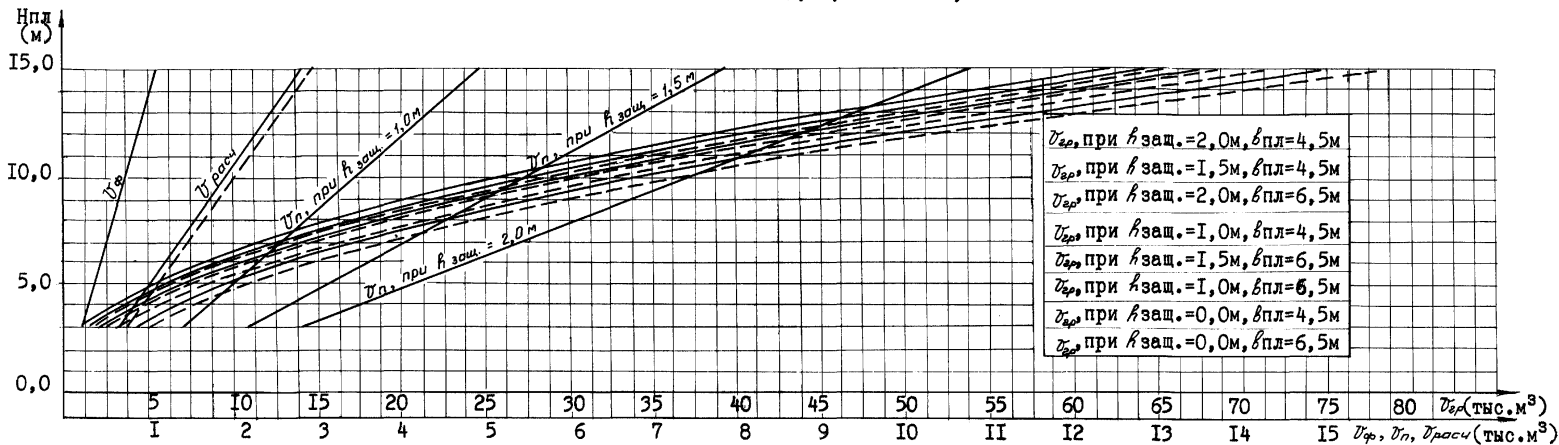
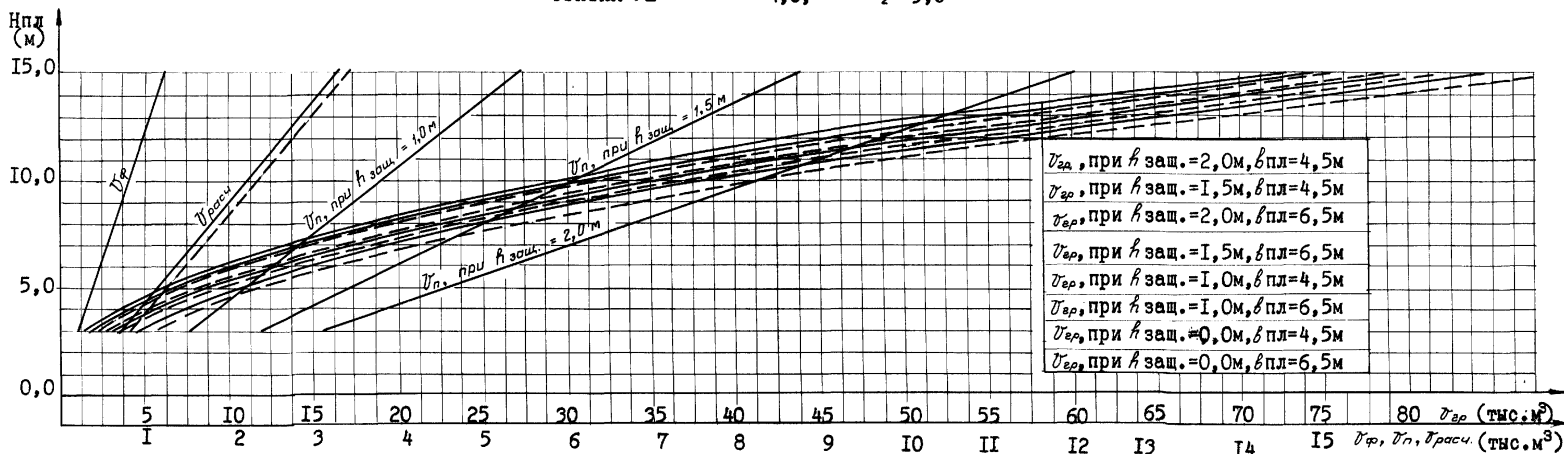
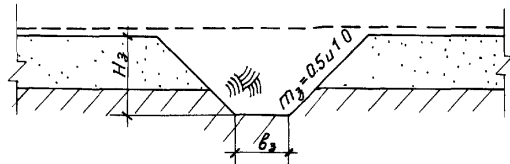


ГРАФИК УШ  $m_1 = 4,0$ ;  $m_2 = 3,0$

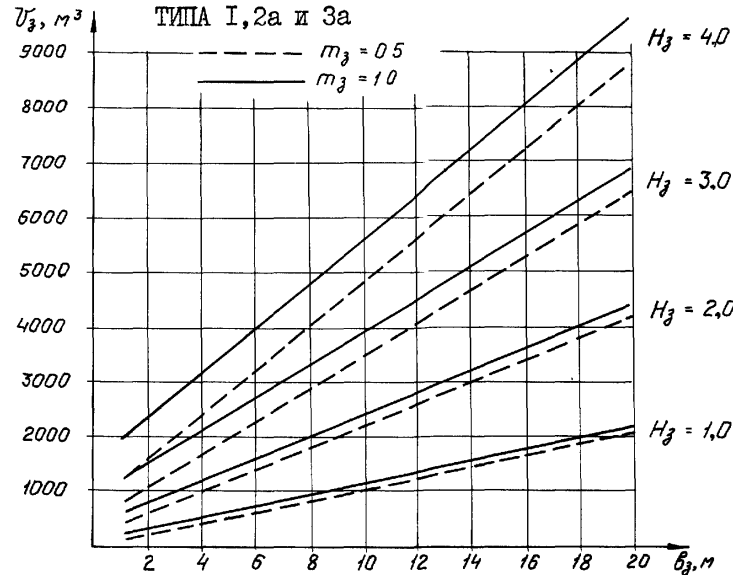


Условные обозначения и примечания см. на стр. 79

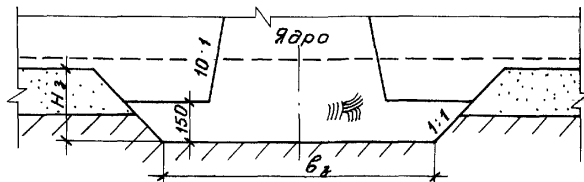
ЗУБ ТИПА I, 2а и 3а



ГРАФИКИ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА I, 2а и 3а



ЗУБ ТИПА 3б

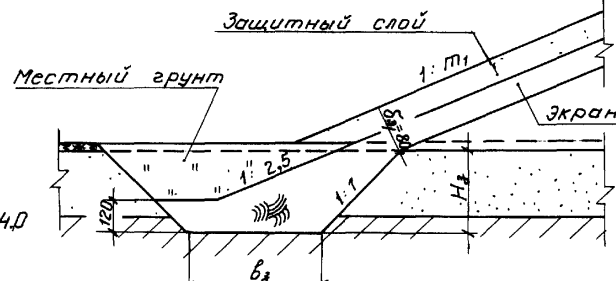


ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 3б

$H_z$ м	$b_z$ м	Объем выемки $M^3$	Объем зуба $M^3$
3	10	3900	2650
	15	5400	3400
	20	6900	4150
4	10	5600	3290
	15	7600	4040
	20	9600	4790

ЗУБ ТИПА 2б

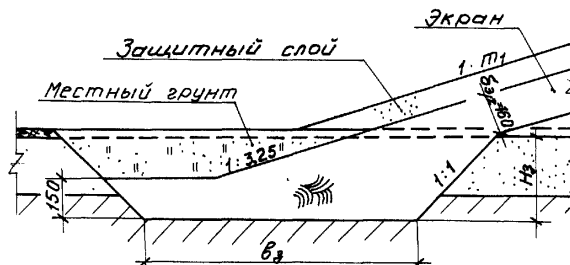
$H_{пл} < 10$  м



ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 2б ПРИ  $H_{пл} < 10$  м

$H_z$ м	$b_z$ м	Объем выемки, $M^3$	Объем зуба, $M^3$
3	5	2400	1380
	10	3900	1980
	15	5400	2580
4	5	3600	1940
	10	5600	2540
	15	7600	3140

$H_{пл} \geq 10$  м

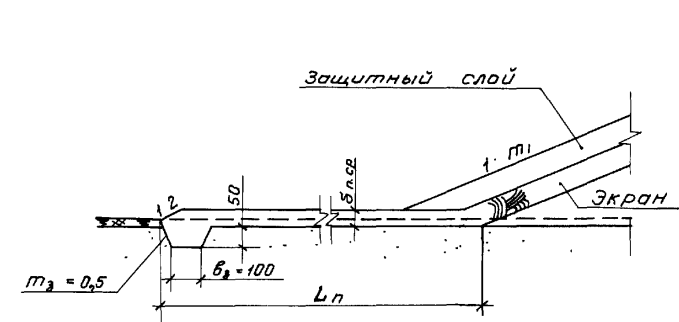


ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 2б ПРИ  $H_{пл} \geq 10$  м

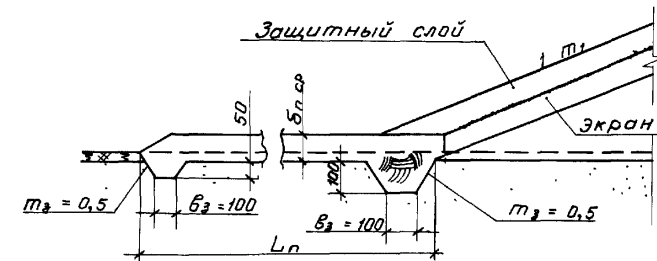
$H_z$ м	$b_z$ м	Объем выемки $M^3$	Объем зуба $M^3$
3	10	3900	2800
	15	5400	3550
	20	6900	4300
4	10	5600	3790
	15	7600	4540
	20	9600	5300

ПОНУР

$H_{пл} \leq 5,0$  м



$H_{пл} > 5,0$  м



ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ПОНУРУ

$H_{пл}$ м	$L_n$ м	$\delta$ п. ср. м	Объем выемки $M^3$	Объем понура $M^3$
5	4	0.5	185	260
	8		305	460
	12		425	660
10	8	0.8	455	830
	16		695	1470
	24		935	2110
15	12	1.0	575	1365
	24		935	2565
	36		1295	3765

ПРИМЕЧАНИЕ.

Размеры на чертеже даны в сантиметрах

Инв.№подл. Подпись и дата Взам.инв.№

2283/2

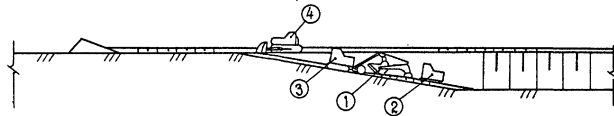
## Схемы производства работ

Приложение 22

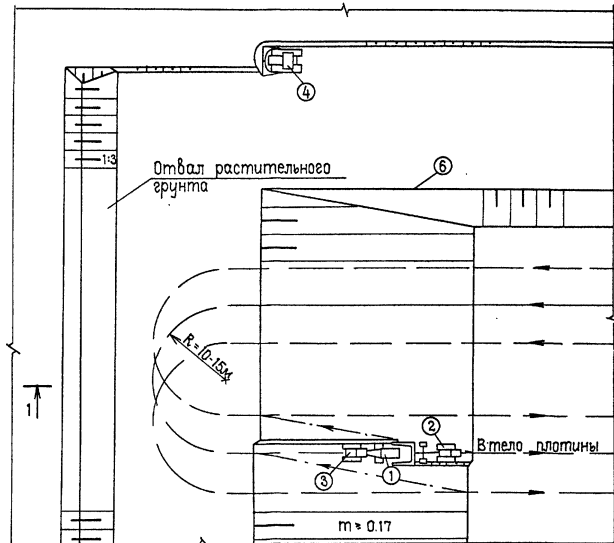
Схема 1. Разработка грунта в карьере прицепным или самоходным скрепером

Схема 2. Разработка грунта в карьере экскаватором - прямая лопата с погрузкой на самосвалы

Разрез 1-1



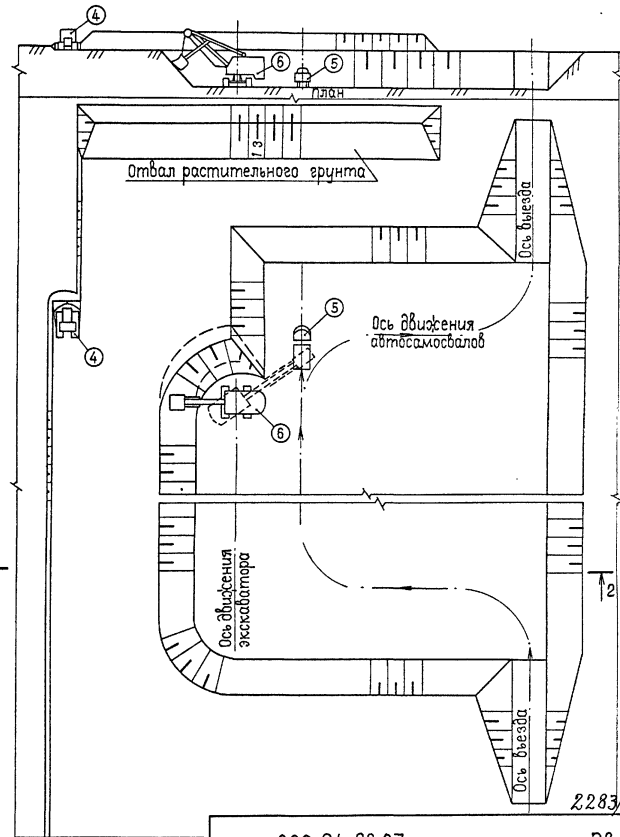
План



- ① - прицепной скрепер
- ② - трактор-тягач
- ③ - трактор-толкатель
- ④ - бульдозер

- ⑤ - автосамосвал
- ⑥ - экскаватор-прямая лопата

Разрез 2-2



2283/2

820-04-28.87

л/сум

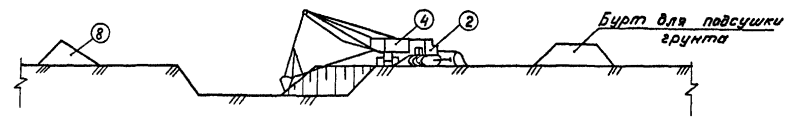
п3

145

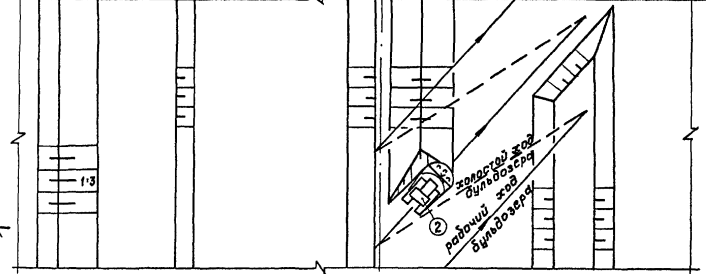
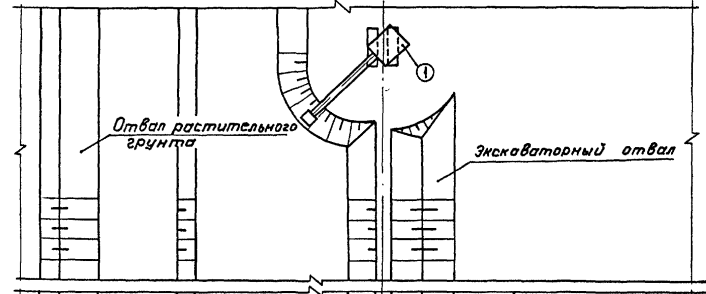
820-04-28 .87 Альбом I, ч. II

Схема 3. Разработка переувлажненного грунта экскаватором-драглайном в отвал.

Разрез 1-1



План

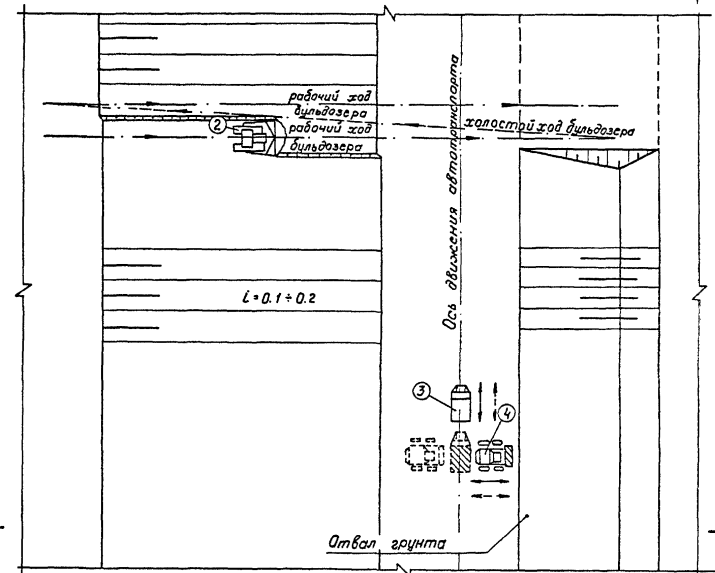
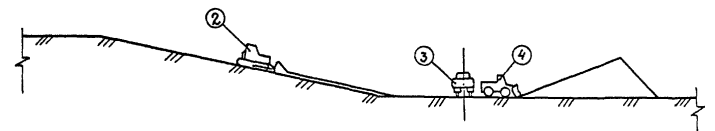


↑1  
↑2

- ① - экскаватор - драглайн;
- ② - бульдозер;
- ③ - автосамосвал;
- ④ - автопогрузчик

Схема 4. Разработка грунта в карьере бульдозером с погрузкой в автосамосвалы погрузчиком.

Разрез 2-2



↑2

Шифр проекта | Подпись и дата | Взам. инв. №

2283/2

820-04-28.87	ПЗ	Лист 146
--------------	----	-------------

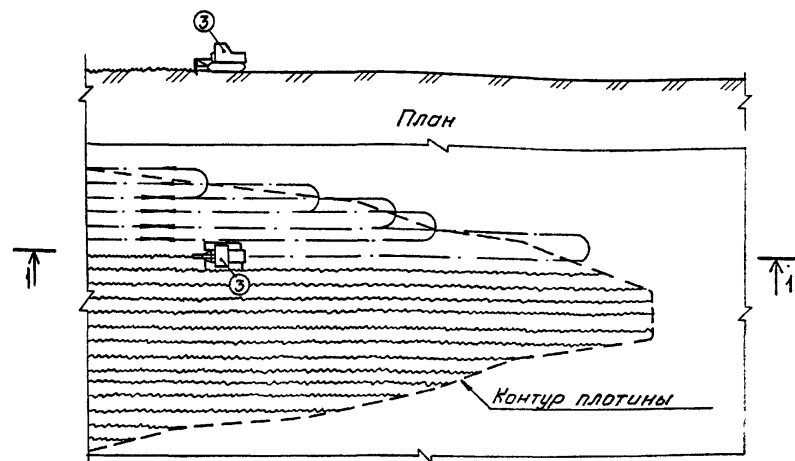
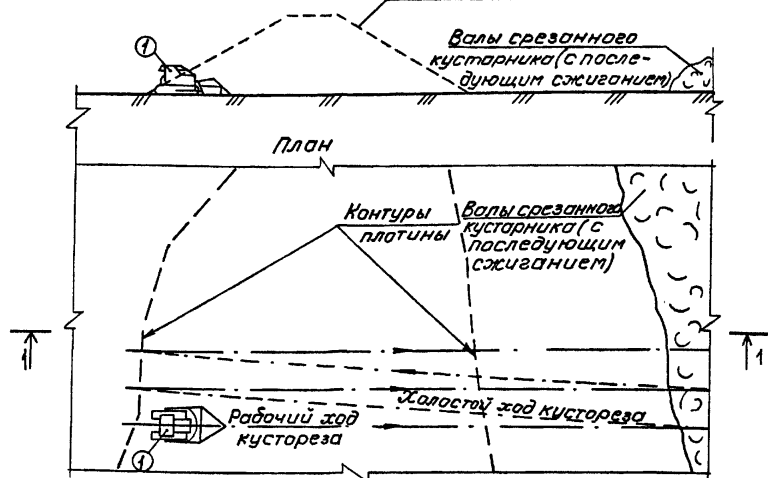
Схема 5. Расчистка основания платины

I этап. Расчистка основания платины кусторезом.

III этап. Рыхлаение основания платины рыхлителем на глубину 0,2-0,4 м.

Разрез 1-1

Разрез 1-1

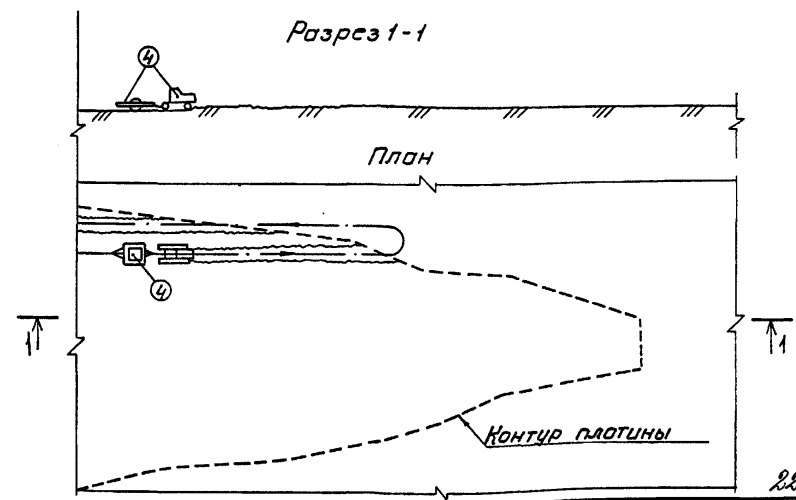
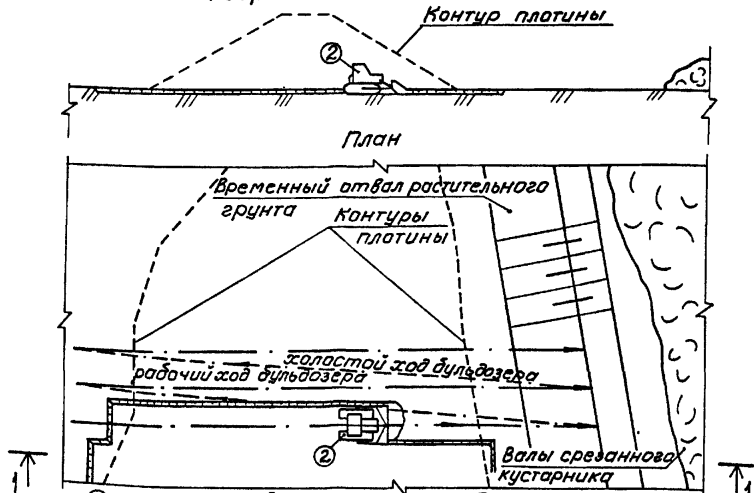


II этап. Срезка растительного слоя в основании платины бульдозером.

IV этап. Уплотнение основания платины кулачковым катком.

Разрез 1-1

Разрез 1-1



- ① кусторез на базе трактора;
- ② бульдозер;
- ③ рыхлитель на базе трактора;
- ④ кулачковый каток;

Лист № 147 Подпись и дата Взам. инв. №

820-04-28.87

ПЗ

Лист 147

2283/2

Схема 6. Укладка грунта в тело однородной плиты.

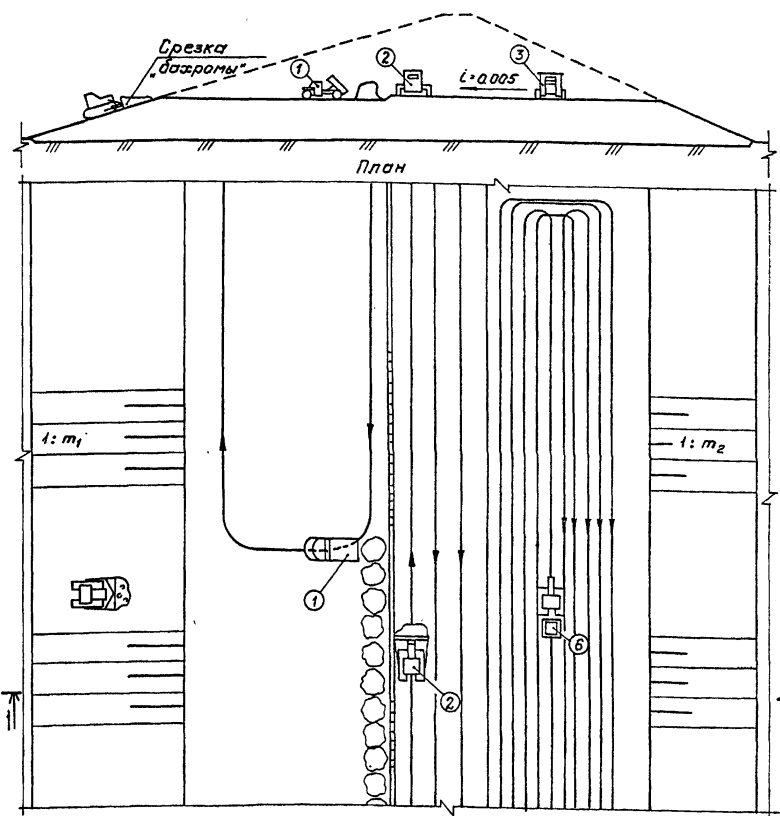
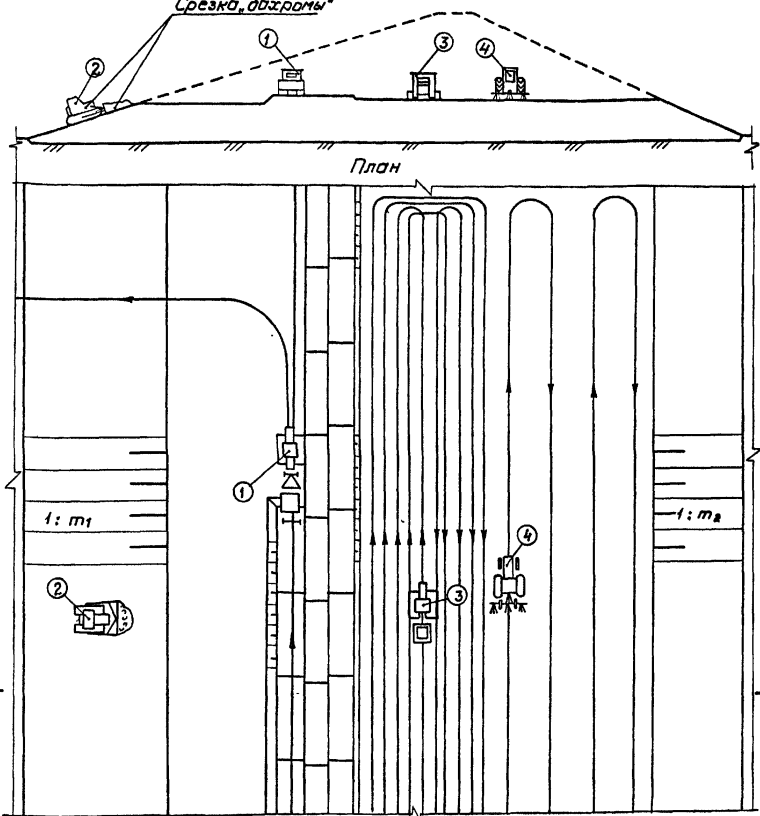
Схема 6.1. Странспортированием грунта скреперами

Схема 6.2. Странспортированием грунта автосамосвалами

820-04-28 . 87 Альбом I, ч. II

Разрез 1-1  
Срезка "двухрами"

Разрез 1-1  
Срезка "двухрами"  
 $i = 0.005$



- ① - прицепной или самоходный скрепер;
- ② - бульдозер;
- ③ - прицепной каток (пневмокаток);
- ④ - поливочная машина на базе трактора;
- ⑤ - автосамосвал;
- ⑥ - прицепной каток на пневмоходу;

- ① - автосамосвал;
- ② - бульдозер;
- ③ - прицепной каток на пневмоходу.

Инв. № гос. арх. фонда и Вост. Восток. инв. №

2263/2

820-04-28.87

Лист 148



820-04-28 . 87 Альбом I, ч. II

Схема 7. Укладка грунта в платину с ядром.

Схема 7.1. С транспортированием грунта автосамосвалами.

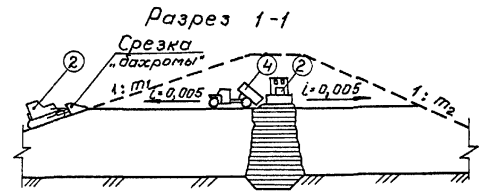
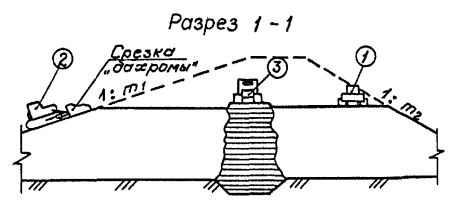
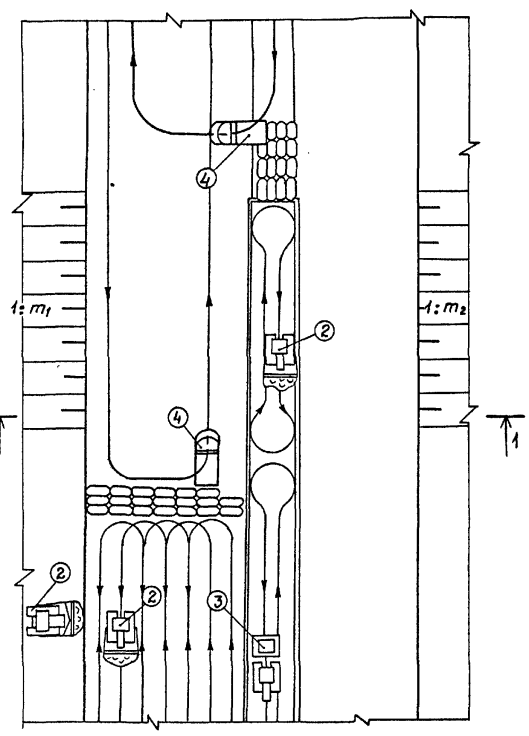


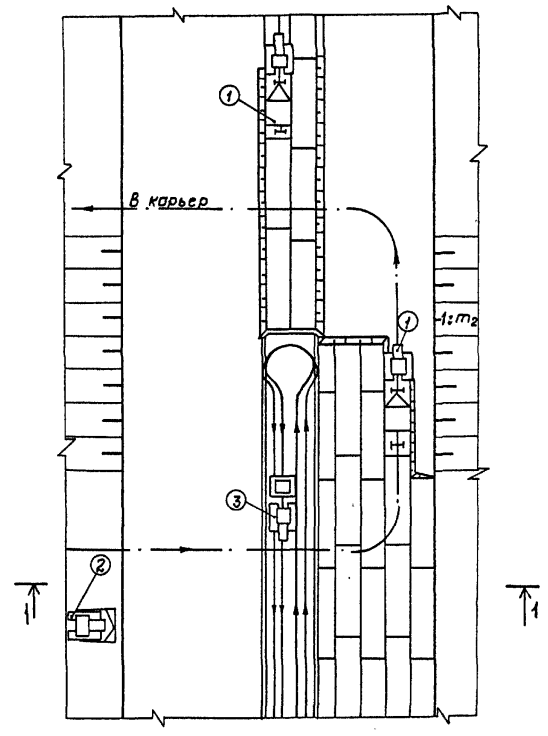
Схема 7.2. С транспортированием грунта скреперами.



План



План



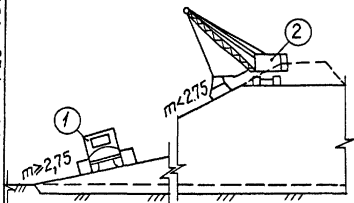
- ① прицепной или самоходный скрепер;
- ② бульдозер;
- ③ прицепной кулачковый каток или на пневмоходу;
- ④ автосамосвал.

Шифр № проекта Подпись и дата Взам. инв. №

Схема 8. Крепление откосов монолитным железобетоном

I этап. Планировка откосов

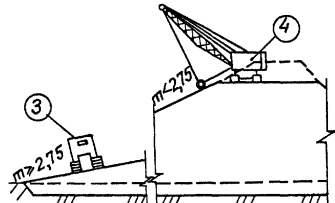
Разрез 1-1



План

II этап. Уплотнение откосов

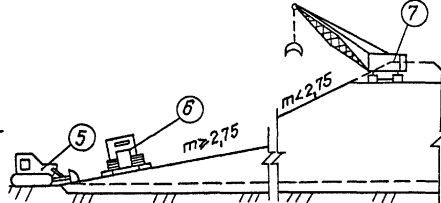
Разрез 1-1



План

III этап. Устройство обратного фильтра

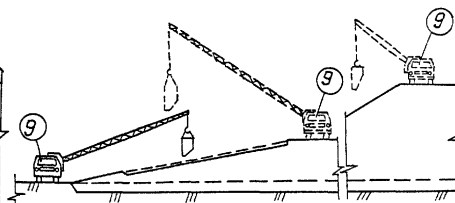
Разрез 1-1



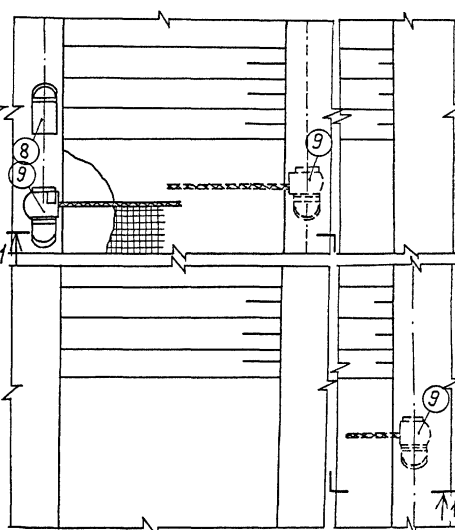
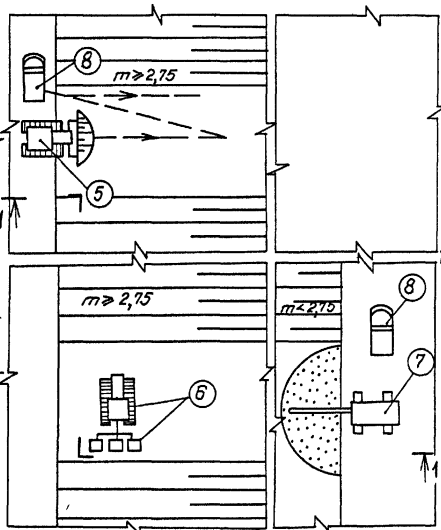
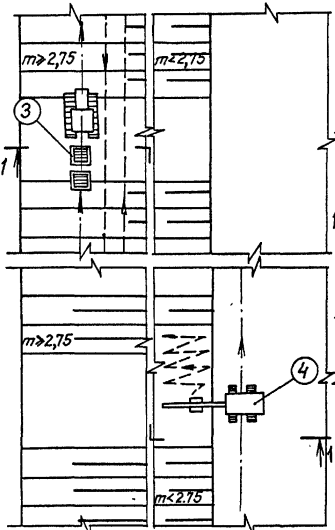
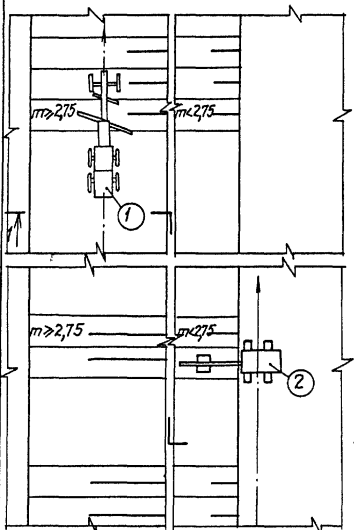
План

IV этап. Бетонирование откоса

Разрез 1-1



План



1 - автогрейдер;

2 - экскаватор, оборудованный ковшем-планировщиком;

3 - прицепной катковидный каток;

4 - вальцовый трамбовщик;

5 - бульдозер;

6 - прицепные бараны;

7 - экскаватор с грейферным ковшем;

8 - автосамосвал;

9 - автомобильный или пневмокатесный кран.

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

150

820-04-28...87 Альбом I, ч. II

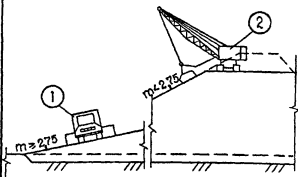
Шиб. № подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

### Схема 9. Крепление откосов сборным железобетоном

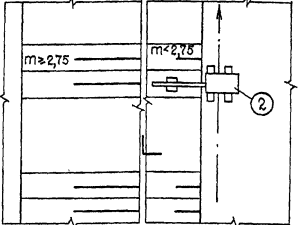
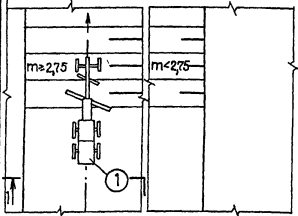
820-04-28.87 Альбом I, 4, II

I этап. Планировка откосов

Разрез 1-1

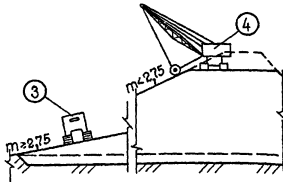


План

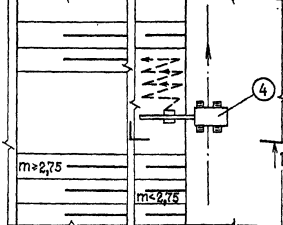
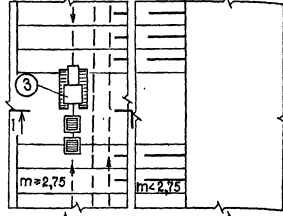


II этап. Уплотнение откосов

Разрез 1-1

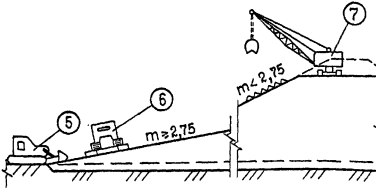


План

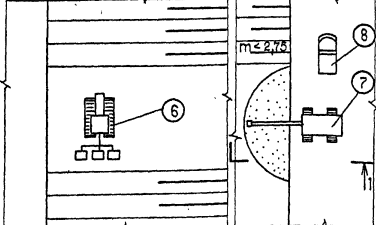
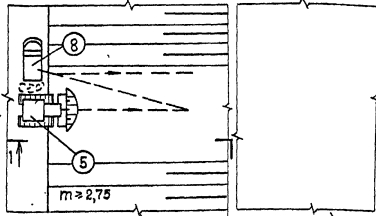


III этап. Устройство обратного фильтра

Разрез 1-1

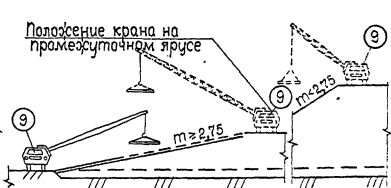


План

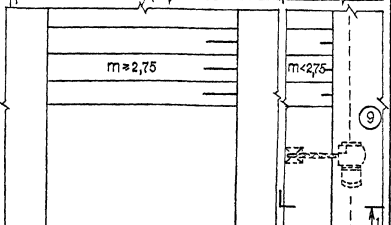
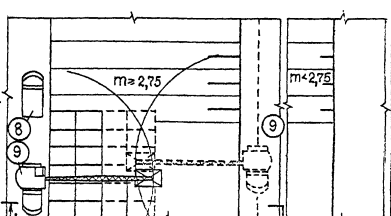


IV этап. Укладка железобетонных плит

Разрез 1-1



План



- ① - автогрейдер;
- ② - экскаватор, оборудованный ковшем-планировщиком;

- ③ - цепной кулачковый каток;
- ④ - экскаватор, оборудованный вальцовой трамбовкой;

- ⑤ - бульдозер;
- ⑥ - цепные бороны;
- ⑦ - экскаватор с грейферным ковшом;
- ⑧ - автосамосвал;

- ⑨ - автомобильный или пневмоколесный кран.

2283/2

820-04-28.87

п3

Лист  
151

Шифр, №табл., Подпись и дата, Взам. инв. №

### Схема 10. Крепление низового откоса посевом трав

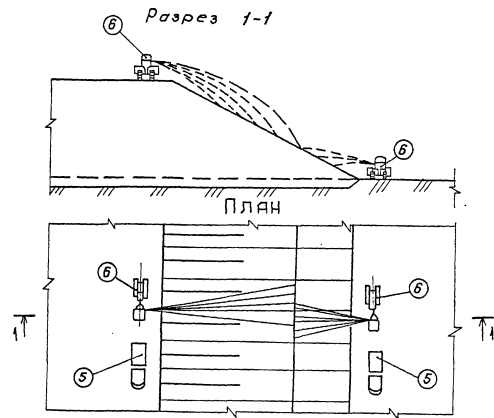
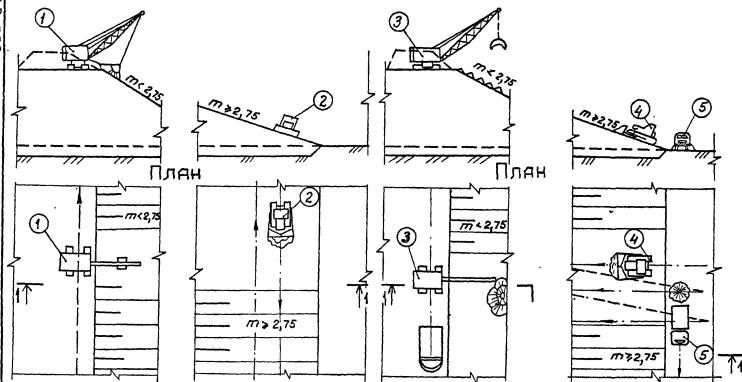
I этап. Планировка низового  
откоса.

II этап. Подвозка и укладка  
растительного грунта.

III этап. Гидропосев семян трав.

Разрез 1-1

Разрез 1-1



- ① - экскаватор, оборудованный ковшом-планировщиком;
- ② - бульдозер;
- ③ - экскаватор, оборудованный грейферным ковшом;
- ④ - бульдозер;
- ⑤ - автосамосвал;
- ⑥ - гидросеялка.

Схема II. Устройство противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки.

I этап. Устройство подстилающего слоя.

II этап. Укладка полиэтиленовой пленки.

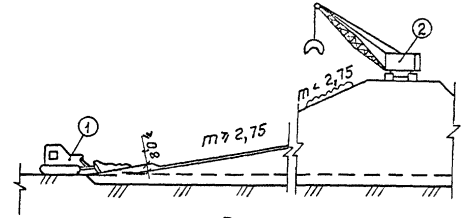
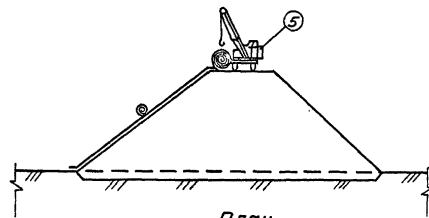
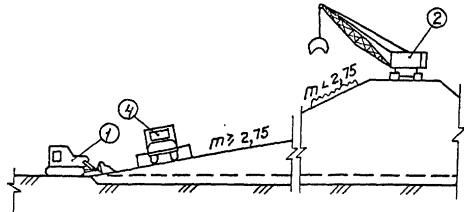
III этап. Устройство защитного слоя.

820-04-28.87 Альбом I, ч. II

Разрез 1-1

Разрез 1-1

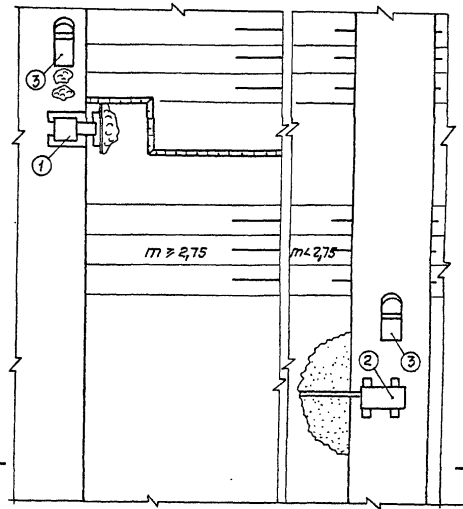
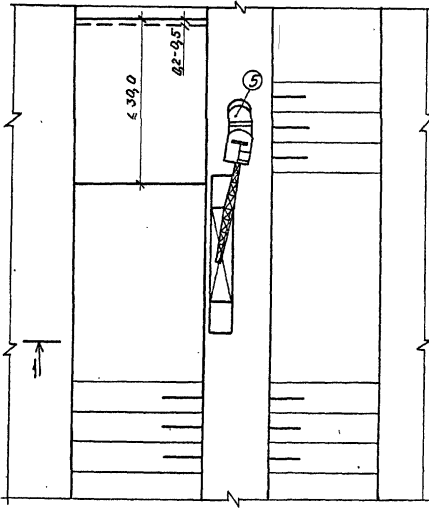
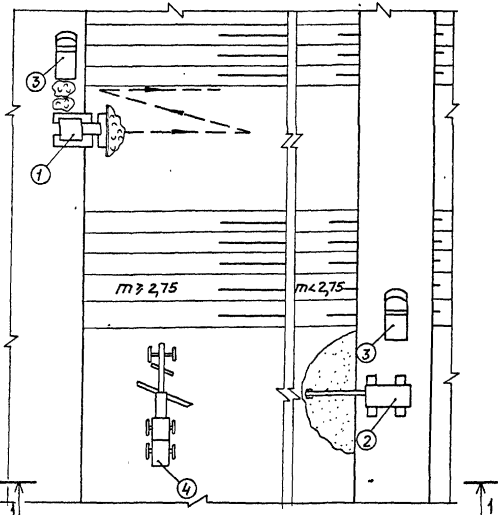
Разрез 1-1



План

План

План



- ① - бульдозер;
- ② - экскаватор с грейферным ковшом;
- ③ - автосамосвал;

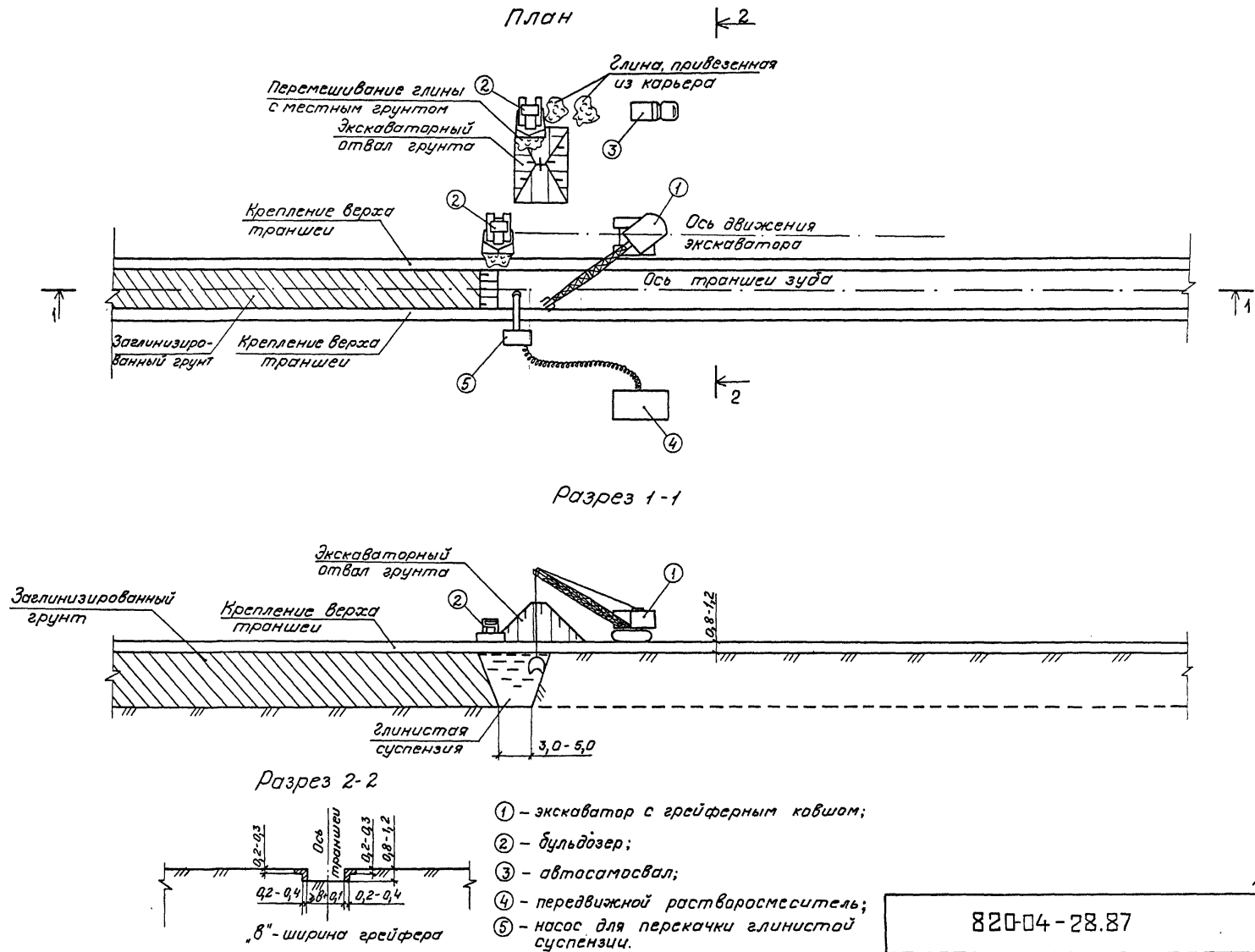
- ④ - грейдер;
- ⑤ - автомобильный кран.

Шиф. № проекта: Педгипсы и водот. ВЗемт. инв. №8

820-04-28.87	2283/2	ПЗ	лист 153
--------------	--------	----	-------------

820-04-28.87 Альбом I, ч. II

Схема 12. Устройство зуба способом „стена в грунте“



Шифр подл. Подпись и дата Взам. инв. №

2263/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист 154

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТРАВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТРАВΟΣМЕСИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ НИЗОВОГО ОТКОСА

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Виды трав	Высокорослость	Биологическая группа	Требования к почве	Морозостойкость	Засухоустойчивость	Держится в травостое	Виды трав	Высокорослость	Биологическая группа	Требования к почве	Морозостойкость	Засухоустойчивость	Держится в травостое
Райграс пастбищный	Низовой злак	Рыхлокустовые злаковые	К почве требователен, предпочитает глинистые и суглинистые почвы	Не морозостойчив. При сильных морозах и поздних весенних заморозках вымерзает	Плохо переносит засуху	Сохраняется в травостое 3-4 года	Мятлик луговой	Низовой злак	Корневищеворыхлокустовые злаковые	Не требователен к почве. Кислых и слишком сырых почв не выносит	Очень зимостоек, выносит суровые зимы и поздние весенние заморозки	Сравнительно засухоустойчив	В травостое сохраняется 15-20 лет и более
Тимофеевка луговая	Верховой злак	"-	К почвам не требователен. Наиболее благоприятны плодородные, умеренно влажные легкие супесчаные и тяжело-суглинистые почвы	Морозостойчива. Хорошо переносит суровые малоснежные зимы, ранние заморозки	Сравнительно засухоустойчива	Держится в травостое 3-4 года и более	Лисохвост луговой	Верховой злак	"-	К почве не требователен		От засухи и жары сильно страдает	Держится в травостое 6-8 лет и больше
Овсяница луговая	Верховой злак	"-	К почвам не требователен, предпочитает богатые перегноем суглинки	Зимостойкость высокая, хотя несколько ниже, чем у тимфеевки	По засухоустойчивости превосходит тимфеевку луговую	В травосмесьях держится 6-8 лет	Костер безостый	Верховой злак	Корневищевые злаковые	Не переносит кислых и плотных почв		Засухоустойчив	Может сохраняться в травостое 6-8 лет и более
Овсяница красная	Низовой злак	Корневищеворыхлокустовые злаковые	Предпочитает богатые перегноем суглинки, хорошо дренированные легкие луговые почвы	Высокоустойчива к морозам и весенним заморозкам	Засуху переносит плохо	В травостое может держаться в течение 10 лет и более	Канареечник тростниковидный	Верховой злак	"-	К почвам требователен. Хорошо развивается на молодых аллювиальных почвах со слабым дерновым горизонтом	Отличается холодостойкостью. Прекрасно выдерживает самые суровые зимы	Засухоустойчив	Может произрастать на одном месте в течение 10 лет и более
Полевика белая	Низовой злак	"-	Не требователен к почве. Не удаётся лишь на сухих песчаных участках	Хорошо выдерживает сильные морозы и весенние заморозки	Плохо переносит засуху	В травостое держится в течение 8-10 лет и более							

Инв. № подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

820-04-28.87

Альбом I, ч. II

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

155

Альбом I, ч. II

820-04-28.87

Виды трав	Высокорослость	Биологическая группа	Требования к почве	Морозостойкость	Засухоустойчивость	Держится в травостое
Клевер красный	Низовой	Стержне-корневые бобовые	Не требователен к почве. На кислых и засоленных землях изреживается	Вносит малоснежные холодные зимы	Незасухоустойчив	В травостое держится 2-3 года
Клевер розовый	Низовой	-"	Предпочитает глинистые и суглинистые почвы	Зимостойкость хорошая	Устойчивость к засухе слабая, хотя переносит недостаток осадков в летний период	Более долговечен клевера красного
Клевер белый	Низовой	-"	Не требователен к почве. Не выносит кислых почв		Переносит непродолжительную засуху	
Лядвенец рогатый	Низовой	-"	Не требователен к почве. Для него пригодны нейтральные и слабокислые почвы	Зимостоек	Устойчив к засухе	Сохраняется в травостое более 4-5 лет

Инв.№подл. Подпись и дата Взам.инв.№

2283/2

820-04-28.87

ПЗ

Лист

156



ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛОТИН В РАЗЛИЧНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

Пример I (листы I59, I60).

I. Исходные данные:

Расчетная высота плотины  $H_{пл.расч.} = 7,7$  м.

Расчетный напор  $H_{н.расч.} = 5,6$  м.

Ширина плотины по гребню  $b_{пл} = 6,5$  м.

Плотина расположена в районе, где расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $d_f = 0,5$  м, водохранилище на зиму опоражнивается.

2. Характеристики грунтов основания

Со стороны левого берега водотока основанием плотины являются суглинки средние полутвердые и тугопластичные, слабосжимаемые. Прочностные характеристики:  $\varphi_{01} = 20^\circ$ ;  $C_{01} = 15$  кПа.

Коэффициент фильтрации  $K_{01} = 10^{-5}$  см/с.

Коэффициент пористости  $e_{01} = 0,6$ .

В пределах средней части створа основанием плотины являются суглинки тяжелые водонасыщенные тугопластичные, слабосжимаемые ( $a = 0,003$  кПа). Степень влажности  $S_{вн} = 0,98$ .

Прочностные характеристики:  $\varphi_{02} = 15^\circ$ ;  $C_{02} = 10$  кПа.

Коэффициент фильтрации  $K_{02} = 10^{-7}$  см/с.

Коэффициент пористости  $e_{02} = 0,9$ .

По правому склону развиты пески мелкие мощностью до 3 м ( $\varphi_{03} = 30^\circ$ ;  $K_{03} = 10^{-3}$  см/с), подстилаемые средним суглинком.

3. Характеристики грунта тела плотины

Грунт тела плотины - суглинок средний.

Прочностные характеристики:  $\varphi_T = 20^\circ$ ;  $C_T = 15$  кПа.

Коэффициент фильтрации  $K_T = 10^{-5}$  см/с.

4. Проектирование плотины

В соответствии с данными, приведенными в табл.4.2, коэффициенты откосов приняты  $m_1 = 2,25$ ;  $m_2 = 2,0$ . В русловой части подошва плотины располагается на глинистом грунте, более слабом, чем грунт тела плотины.

В соответствии с <sup>данными</sup> табл.4.7 в верхнем бьефе устраивается упорная призма высотой 2,5 м, длиной ~ 90 м из местного грунта.

По правому берегу на длине 42 м от ПК I+47 до ПК I+89, где подошва плотины располагается на песчаном грунте, сопряжение с водопором, представленным средним суглинком, осуществляется при помощи зуба, заглубленного в него на 1,0 м. Ширина зуба по низу - 1,0 м.

Для понижения кривой депрессии и перехвата дренажных вод предусматривается тифачный дренаж с выводными коллекторами через 20 м. Расстояние от оси дренажа до подошвы низового откоса  $l_{др} = 7$  м принимается по табл. I приложения 6.

Пример 2 (листы I6I, I62).

I. Исходные данные:

Расчетная высота плотины  $H_{пл.расч.} = 10,25$  м.

Расчетный напор  $H_{н.расч.} = 7,65$  м.

Ширина плотины по гребню  $b_{пл} = 6,5$  м.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта в районе строительства  $d_f = 1,0$  м. Водохранилище на зиму не опоражнивается.

2. Характеристики грунтов основания

Основанием плотин в ее примыкании по левому склону является песок пылеватый мощностью до 3,0 м.

Прочностные характеристики:  $\varphi_{01} = 30^\circ$ ;  $C_{01} = 0$ .

Коэффициент фильтрации  $K_{01} = 10^{-4}$  см/с.

Коэффициент пористости  $e_{01} = 0,6$ .

В пределах средней части створа и по правому склону основанием плотины является песок мелкий.

Прочностные характеристики:  $\varphi_{02} = 30^\circ$ .

Коэффициент фильтрации  $K_{02} = 10^{-3}$  см/с.

Коэффициент пористости  $e_{02} = 0,65$ .

2283/2

Имя, Подпись и дата. Взам.инв.№

820-04-28.87 Альбом I, ч. II

Мелкий песок подстилается суглинком тяжелым тугопластичным

$$\varphi_{03} = 15^{\circ}; C_{03} = 20 \text{ кПа}; K_{03} = 10^{-5} \text{ см/с}; e_{03} = 0,6.$$

### 3. Характеристики грунта тела плотины

Грунт тела плотины - суглинок тяжелый.

Прочностные характеристики:  $\varphi_T = 20^{\circ}; C_T = 15 \text{ кПа}.$

Коэффициент фильтрации  $K_T = 10^{-5} \text{ см/с}.$

### 4. Проектирование плотины

В соответствии с данными, приведенными в табл.4.6, коэффициенты откосов приняты  $m_1 = 2,50; m_2 = 2,0$ . На верховом откосе плотины предусматривается защитный слой из песка толщиной 1,0 м. Со стороны левого склона сопряжение плотины с водоупором осуществляется зубом. Ширина зуба принимается от  $b_3 = 1,0$  м на ПК0 до  $b_3 = 3,0$  м на ПК0+68. В русловой части и со стороны правого склона, где водоупор располагается на глубине более 3,0 м, в качестве противофильтрационного устройства предусматривается понур. Длина понура меняется в зависимости от напора и составляет  $l_n \approx 1,5 H_n$ . На участке понура, расположенном в зоне возможного промерзания его, со стороны правого берега предусмотрен защитный слой из песка толщиной, равной расчетной глубине сезонного промерзания грунта  $h_{\text{защ}} = 1,0$  м.

Для понижения кривой депрессии предусматривается тифлячий дренаж с выводными коллекторами через 20 м.

Пример 3 (листы I63, I64).

#### 1. Исходные данные:

Расчетная высота плотины  $H_{\text{пл.расч.}} = 5,8$  м.

Расчетный напор  $H_{\text{н.расч.}} = 3,7$  м.

Ширина плотины по гребню  $b_{\text{пл}} = 6,5$  м.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $d_f = 0,5$  м. Водохранилище опораживается на зиму.

#### 2. Характеристики грунтов основания

Основанием плотины является песок пылеватый, в русловой части

мощностью до 4,5 м, в бортовых примыканиях - до 3,0 м.

Прочностные характеристики:  $\varphi_{01} = 30^{\circ}; C_{01} = 0.$

Коэффициент фильтрации  $K_{01} = 10^{-4} \text{ см/с}.$

Коэффициент пористости  $e_{01} = 0,6.$

Подстилающим грунтом является глина.

Прочностные характеристики:  $\varphi_{02} = 16^{\circ}; C_{02} = 36 \text{ кПа}.$

Коэффициент фильтрации  $K_{02} = 10^{-7} \text{ см/с}.$

Коэффициент пористости  $e_{02} = 0,75.$

I вариант. Плотина из суглинка среднего

### 3. Характеристики грунта тела плотины

Прочностные характеристики:  $\varphi_T = 20^{\circ}; C_T = 15 \text{ кПа}.$

Коэффициент фильтрации  $K_T = 10^{-5} \text{ см/с}.$

### 4. Проектирование плотины

В соответствии с данными, приведенными в табл.4.6, коэффициенты откосов  $m_1 = 2,0; m_2 = 2,0$ . Сопряжение плотины с водоупором в пределах правого и левого склонов осуществляется при помощи зуба; ширина зуба по низу - 1,0 м.

В русловой части, где водоупор располагается на глубине более 3 м, на длине 55 м зуб дополнен шпунтом. Глубина забивки деревянного шпунта в водоупор принята равной  $h_w \approx 1,0$  м.

II вариант. Плотина из песка средней крупности с ядром из суглинка среднего.

### 5. Характеристики грунта тела плотины

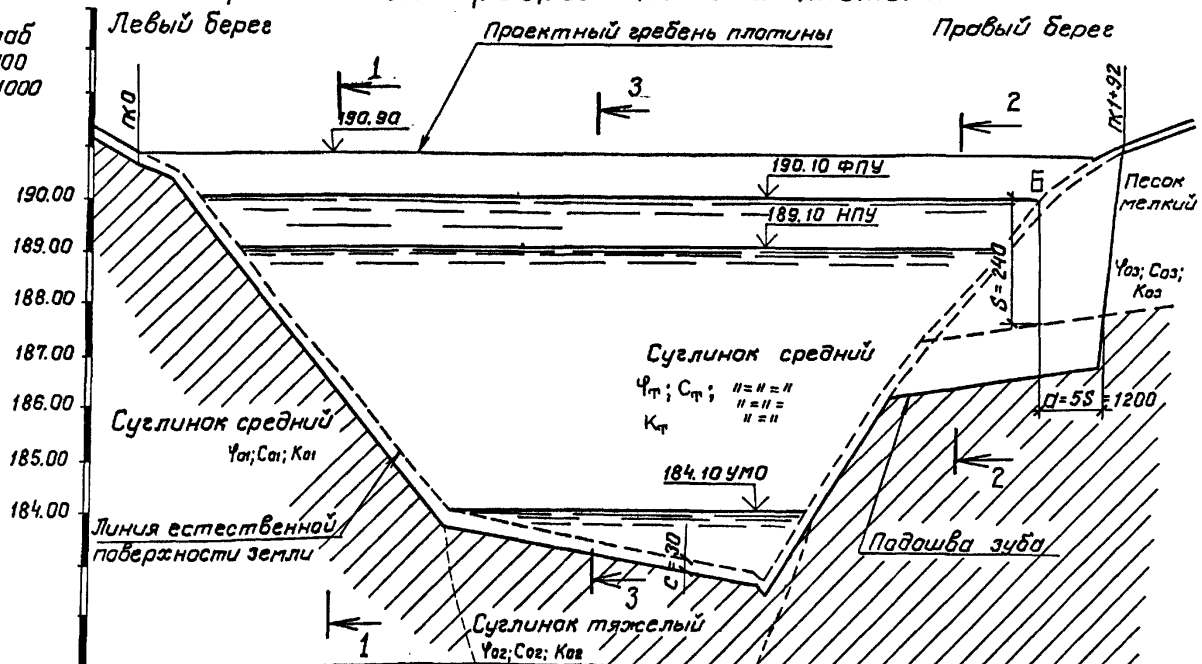
Прочностные характеристики:  $\varphi_T = 32^{\circ}; C_T = 0.$

Коэффициент фильтрации  $K_T = 10^{-2} \text{ см/с}.$

В соответствии с данными, приведенными в табл.4.4, коэффициенты откосов приняты  $m_1 = 3,0; m_2 = 2,0$ . Ядро выполняется из среднего суглинка, имеющего коэффициент фильтрации  $K_n = 10^{-5} \text{ см/с}.$  Ядро сопрягается с глиной основания с помощью зуба. Ширина зуба по низу  $b_3 = 1,0$  м. В русловой части на длине 55 м зуб дополнен шпунтом. Глубина забивки шпунта в водоупор  $h_w \approx 1,0$  м.

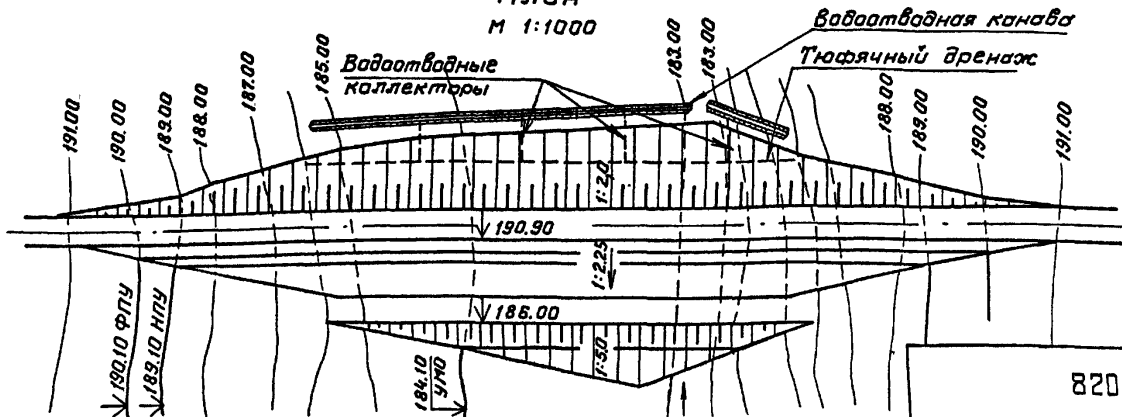
Продольный разрез по оси плотины

Масштаб  
верт. 1:100  
гор. 1:1000



Отметки поверхности Земли	190.00	190.50	189.00	187.00	185.00	184.10	184.00	183.50	183.00	183.00	184.00	186.00	188.00	190.00	191.00
Расстояния, м	9	13	17	16	7	18	13	27	9	5	13	17	16	14	
Отметки подошвы плотины	190.60	190.20	188.70	186.70	184.70	183.80	183.70	183.20	182.70	182.70	183.70	185.70	187.70	189.70	190.70
Проектная высота плотины, м		0.7	2.2		6.2	7.1	7.2	7.7	8.2	8.2	7.2	5.2	3.2	1.2	0.2
Пикеты	ПК0						ПК0+62				ПК1+32	ПК1+47			ПК1+92

План  
м 1:1000



Льбом I, ч. II

820-04-28.87

Шифр подл. Подпись и дата

Взам. инв. №

2283/2

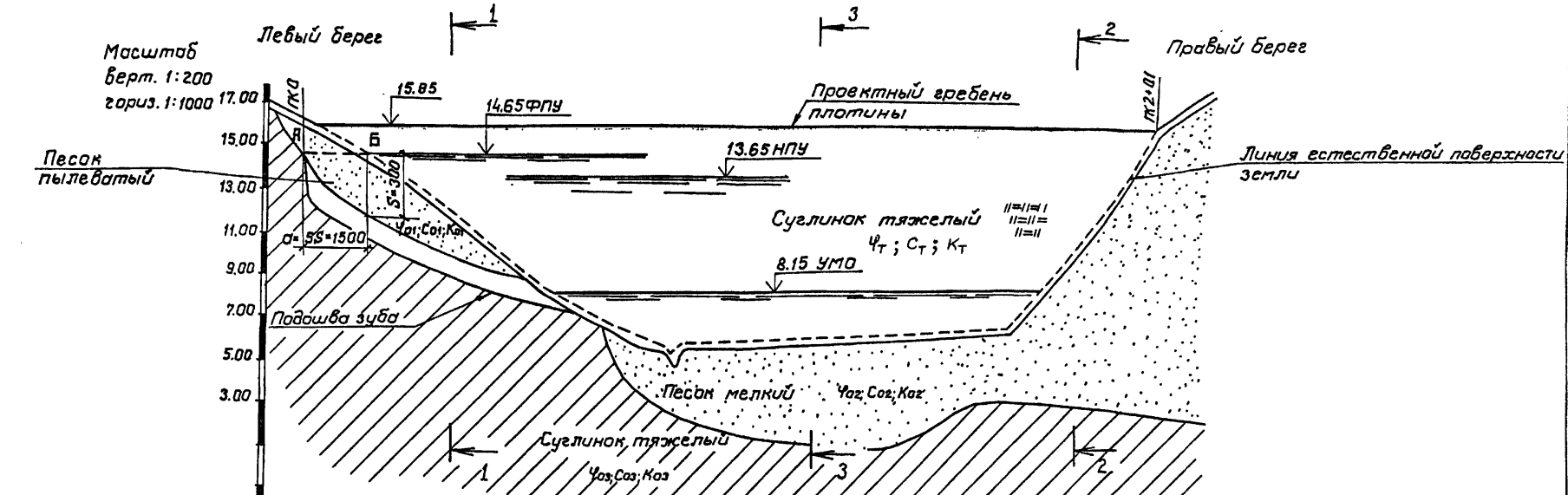
820-04-28.87

Лист

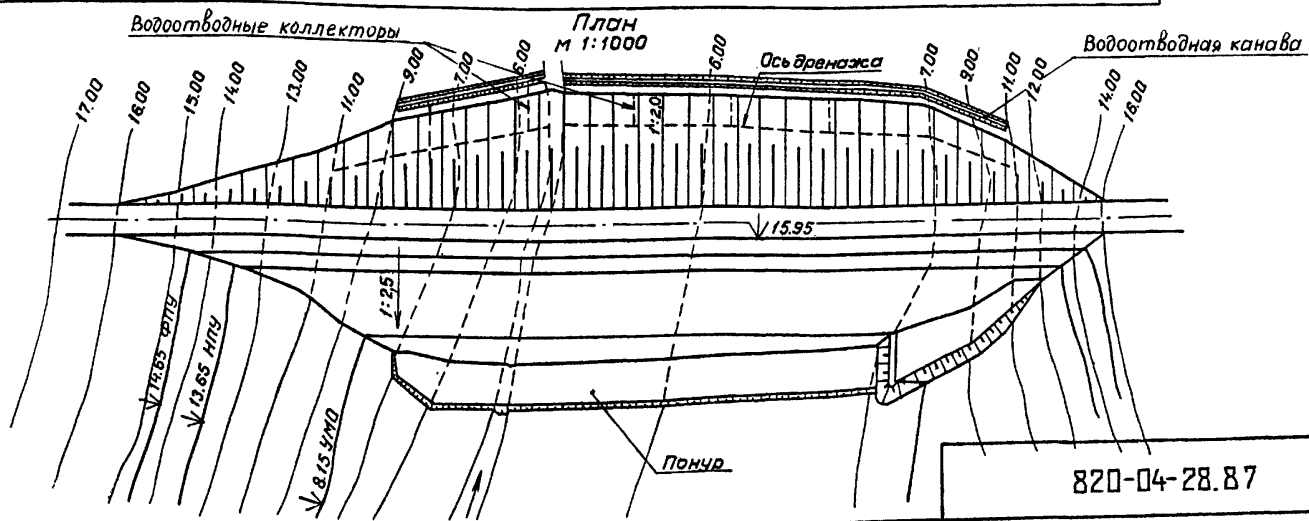
159



Продольный разрез по оси плотины



Отметки поверхности земли	16.90	14.00	12.00	10.50	9.00	7.00	6.00	6.00	7.00	9.00	10.00	11.90	13.80	15.95
Расстояния, м		20.5	14.5	9.0	9.0	16.0	11.0	40.0	48.0	8.5	6.5	5.0	7.0	6.0
Отметки подашвы плотины		13.70	11.70	10.20	8.70	6.70	5.70	5.70	6.70	8.70	9.70	11.60	13.50	
Проектная высота плотины, м		2.25	4.25	5.75	7.25	9.25	10.25	10.25	9.25	7.25	6.25	4.35	2.45	
Пикеты	ПК0					ПК+68			ПК+61			ПК+92	ПК+01	



Инв. № подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

22832

820-04-28.87

Лист 161

Лист 161

ТПР820-04-28.87 Альбом 1, 4, 11



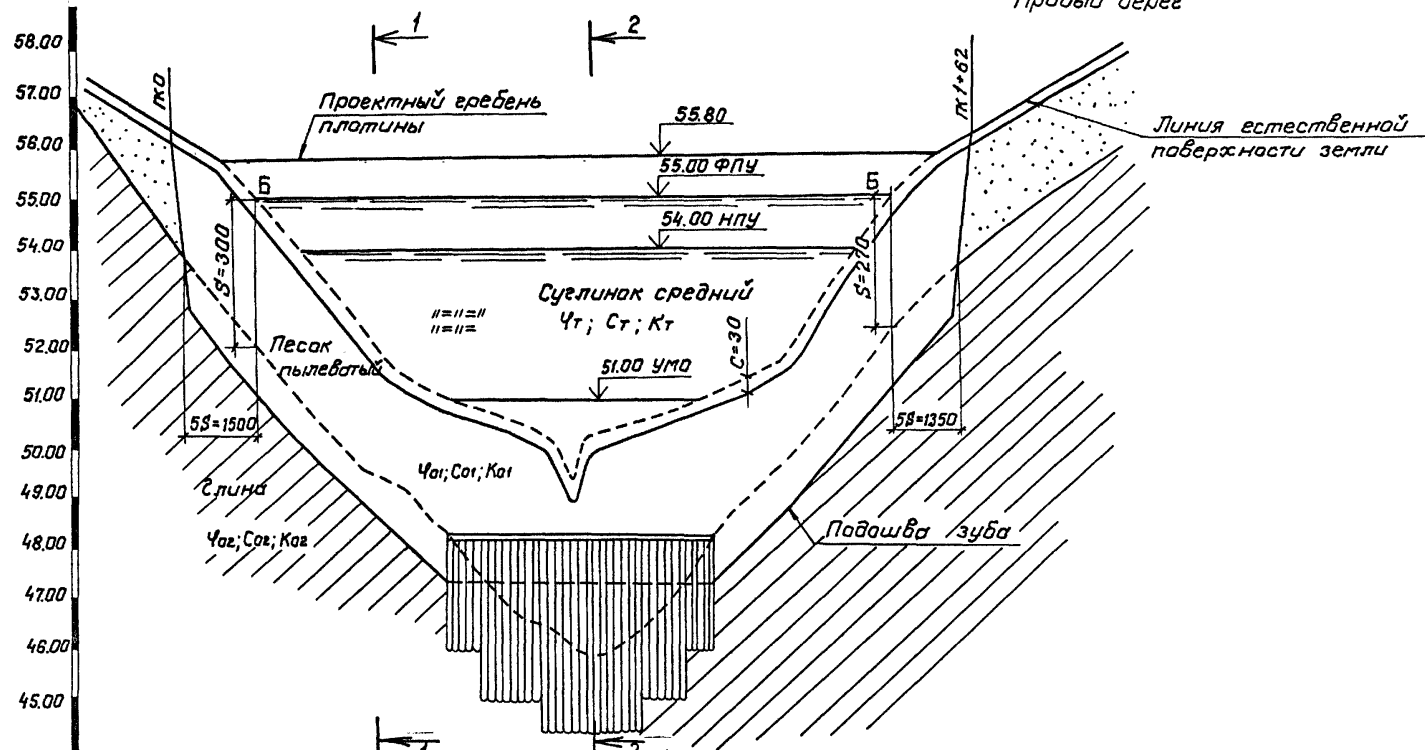
ТПР820-04-28.87 Альбом I, ч. II

Левый берег

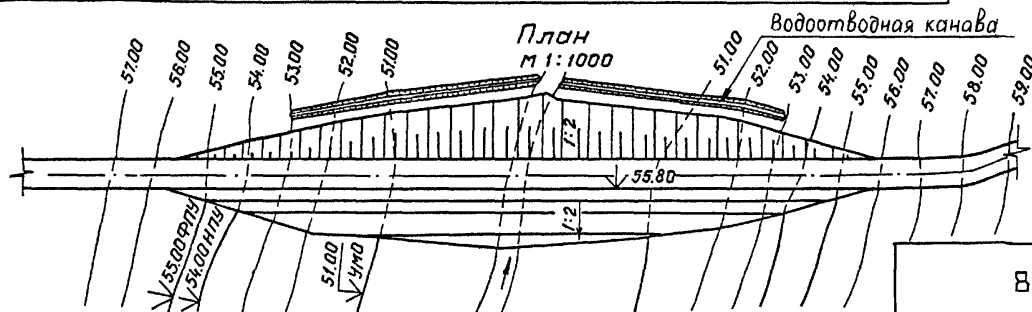
Продольный разрез по оси плотины

Правый берег

Масштаб  
верт. 1:100  
гориз. 1:1000



Отметки поверхности земли	56.40	55.80	55.00	54.00	53.00	52.00	51.00	50.20	49.40	50.30	51.00	52.00	53.00	54.00	55.00	56.30
Расстояние, м	10	7	9	8	8	13	20	6	4	22	18	6	7	7	16	
Отметки подшвы плотины	55.80	55.50	54.70	53.70	52.70	51.70	50.70	50.00	49.10	50.00	50.70	51.70	52.70	53.70	54.70	55.95
Проектная высота плотины, м.		0.30	1.10	2.10	3.10	4.10	5.10	5.80	6.70	6.80	5.10	4.10	3.10	2.10	1.10	
Пикеты	ПК0						ПК0+55				ПК1+10					ПК1+62



Шиб № подл. Подпись и дата Взятый № №

2283/2

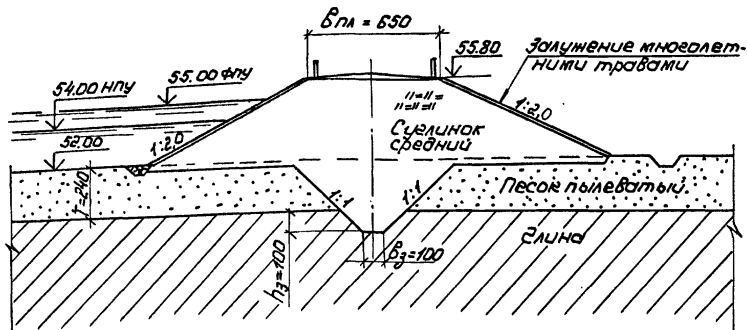
820-04-28.87

№3

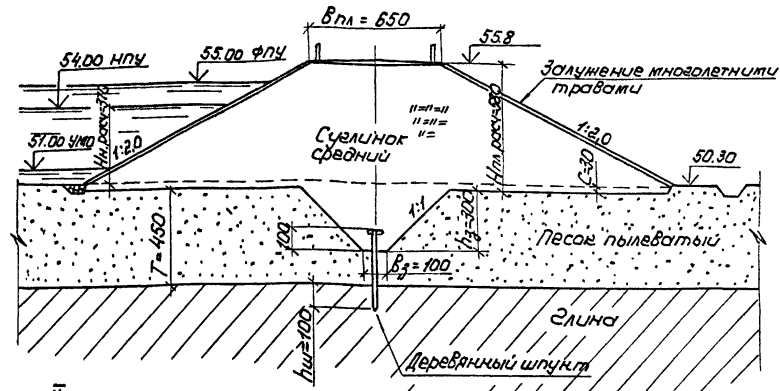
Лист  
163

Вариант I  
Плотина из суглинка

Разрез 1-1 ПК0+41



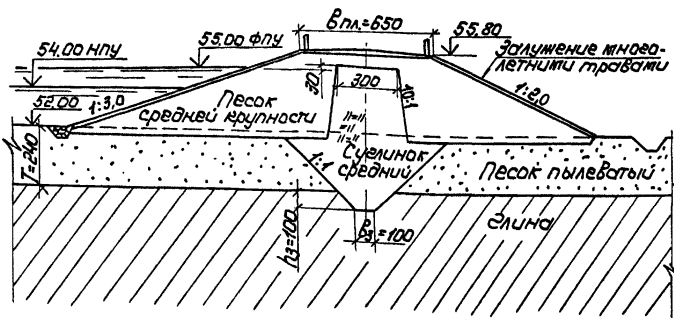
Разрез 2-2 ПК0+85



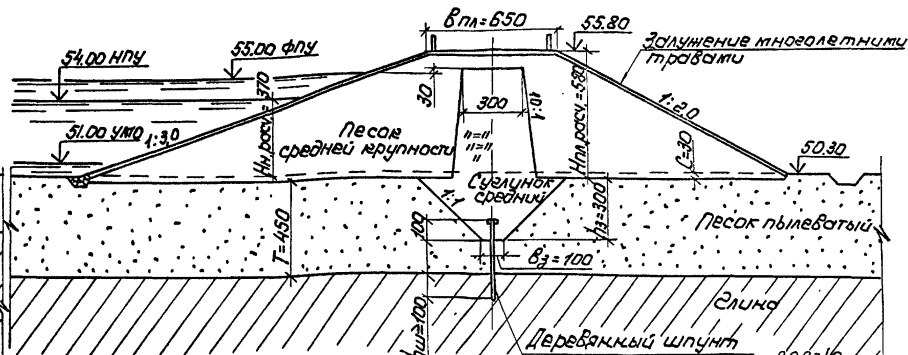
Вариант II

Плотина из песка с ядром из суглинка

Разрез 1-1 ПК0+41



Разрез 2-2 ПК0+85



ТПР 820-04-28.87 Альбом I, т. II

И.В. Плотин / Подпись и дата / Взаимовид

820-04-28.87

ПЗ

Лист  
164



ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТА ПЛОТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. Исходные данные

1. План в горизонталях участка, выбранного для строительства гидротехнического узла, в масштабе 1:1000.

2. В состав гидроузла входит земляная плотина, открытый водосброс, располагаемый в ее правом плече, и донный трубчатый водоспуск. Положение водосброса и водоспуска показано на продольном профиле по створу плотины (лист I67).

3. Инженерно-геологические условия плотины характеризуются наличием в ее основании на большей части длины суглинка среднего, залегающего на глубину более 30 м. Характеристики суглинка:  $\varphi_{0I} = 20^\circ$ ;  $C_{0I} = 19$  кПа;  $K_{0I} = 10^{-6}$  см/с;  $e_{in1} = 0,7$ ;  $a = 0,001$  МПа;  $\rho_{d1} = 1,6$  г/см<sup>3</sup>;  $\rho_l = 2,7$  г/см<sup>3</sup>; число пластичности  $J_{pl} = 0,1$ ;  $S_{z,in} = 0,85$ .

В русловой части створа на длине ~ 100 м залегает песок мелкий мощностью до 2-х метров.

Характеристики песка:  $\varphi_{02} = 30^\circ$ ;  $C_{02} = 0$ ;  $K_{02} = 10^{-2}$  см/с;  $e_{in2} = 0,65$ ;  $\rho_{d2} = 1,62$  г/см<sup>3</sup>;  $\rho_2 = 2,66$  г/см<sup>3</sup>;  $w_2 = 0,2$ .

4. Карьеры грунта для возведения тела плотины расположены на обоих берегах чаши водохранилища при среднем расстоянии от оси плотины 300 м. Грунт в карьере - суглинок легкий.

Характеристики грунта карьера, уплотненного до проектной плотности и влажности, соответствующей его полному водонасыщению:  $\rho_{dт} = 1,65$  г/см<sup>3</sup>;  $\rho_т = 2,7$  г/см<sup>3</sup>;  $\varphi_т = 21^\circ$ ;  $C_т = 10$  кПа;  $K_т = 10^{-5}$  см/с.

Расчетные отметки уровней воды в водохранилище:

- ФПУ - ↓ I61,40
- ПУ при Q<sub>5%</sub> - ↓ I61,00
- НПУ - ↓ I60,50
- УМО - ↓ I54,00

6. Максимальный расчетный уровень воды в нижнем бьефе при пропуске по водосбросу расхода I % обеспеченности - ↓ I52,5.

В период летне-осенней межени уровни воды в нижнем бьефе находятся на отметках I50,5 - I51,0.

7. По гребню плотины предусматривается устройство дороги III-с категории.

8. Расчетные значения высоты ветровой волны при ПУ при Q<sub>5%</sub>-h I% = I,0 м, при ФПУ - h I% = 0,5 м.

Длина разгона ветровой волны l = I,0 км, расчетная скорость ветра U<sub>w</sub> = 20 м/с. Средняя глубина по длине водоема H = 4 м.

9. Режим эксплуатации водохранилища

Водохранилище сезонного регулирования наполняется водами весеннего паводка. Избыточные воды паводка сбрасываются по водосбросному сооружению. В течение летнего и осеннего периодов водохранилище опорожняется за счет подачи воды на орошение.

10. Расчетная глубина сезонного промерзания грунта в районе строительства d<sub>f</sub> = I,0 м.

11. Расчетная толщина льда 0,8 м. Ледовый покров устанавливается обычно при УМО. В отдельные годы возможно образование льда и при более высоких уровнях воды в водохранилище.

Б. Проектирование плотины

1. Плотина в соответствии с местными условиями проектируется из одного вида грунта - суглинка.

2. На продольный профиль по створу плотины (см. лист I67) наносятся линии - ФПУ - ↓ I61,4; ПУ при Q<sub>5%</sub> - ↓ I61,00; НПУ - ↓ I60,50; УМО - ↓ I54,00; линия подошвы плотины.

По продольному профилю определяются расчетные напоры и расчетная высота плотины H<sub>пл.расч.</sub> при предварительно назначенной отметке гребня на I,7 м выше ФПУ ( I63,10).

2283/2

Имя, №поддл | Подпись и дата | Взам.инв.№

Альбом 1, ч. II  
820-04-28.87

$H_{н.расч.} = 9,5$  м;  $H_{max.расч.} = 10,4$  м;  $H_{пл.расч.} = 12,4$  м.

3. Плотина отсыпается из суглинка легкого. В соответствии с характеристиками грунта тела  $\gamma_r = 21^0$  и  $C_r = 10$  кПа и данными табл.4.2 и 4.6 настоящего альбома, назначаются коэффициенты откоса  $m_1 = 3,5$ ;  $m_2 = 2,75$ . Этот профиль будет устойчив и на основании из суглинка среднего, и на мелком песке в русловой части.

4. Уточняется возвышение гребня плотины над ПУ при  $Q_{5\%}$  и ФПУ по данным, приведенным в разделе 7 пояснительной записки. Высота наката волны на откос с коэффициентом  $m_1 = 3,5$  составляет:

при ПУ при  $Q_{5\%}$  ( $h_{1\%} = 1,0$  м)  $- h_{вол1\%} = 1,44$  м;

при ФПУ ( $h_{1\%} = 0,5$  м)  $- h_{вол1\%} \approx 0,72$  м.

Высота ветрового нагона составляет 2 см. Необходимое возвышение гребня над ПУ при  $Q_{5\%}$  составляет  $\Delta H = 1,44 + 0,02 + 0,5 = 1,96$  м, над ФПУ  $- \Delta H_1 = 0,72 + 0,02 + 0,5 = 1,24$ . Отметка гребня, предварительно назначенная  $\downarrow 163,10$ , и  $H_{пл.расч.} = 12,4$  м при этом сохраняются.

5. Ширина плотины по гребню принимается 6,5 м по условию пропуска внутрихозяйственной автомобильной дороги III-с категории. Так как дорога нижней категории, и условие  $\Delta H_1 \geq d_{\phi}$  выполняется, защитный слой из песка на гребне не устраивается.

6. На участке плотины, расположенном на сильно проницаемом мелком песке, сопряжение тела плотины с водоупором осуществляется при помощи зуба. Размеры зуба назначаются в соответствии с табл. I и 2 приложения I9.

7. Вычерчиваются поперечные сечения плотины I-I, 2-2 и 3-3 в характерных сечениях створа (см. лист I68).

8. Строительная высота плотины определяется в соответствии с указаниями главы I3.

9. Дренажное устройство выполняется по типу гравийного тифяка. В связи с возможностью подъема уровня воды в нижнем бьефе дренажный тифяк располагается на отметках не ниже  $\downarrow 152,00$ . При этом <sup>допускается</sup> кратковременное

подтопление его не более, чем на 0,5 м.

Расстояние от края плотины до оси дренажа  $l_{др} = 9$  м принимается по табл.2 приложения 6.

Дренаж располагается вдоль низового откоса до отметки ППУ - 4 =  $= 160,5 - 4 = 156,5$ . Выводы дренажа устраиваются через 20 м.

10. Крепление верхового откоса выполняется из железобетонных унифицированных плит ПВ 40-20-I,5 омоноличенных в секции.

II. Вычерчивается генплан узла сооружений (см. лист I69).

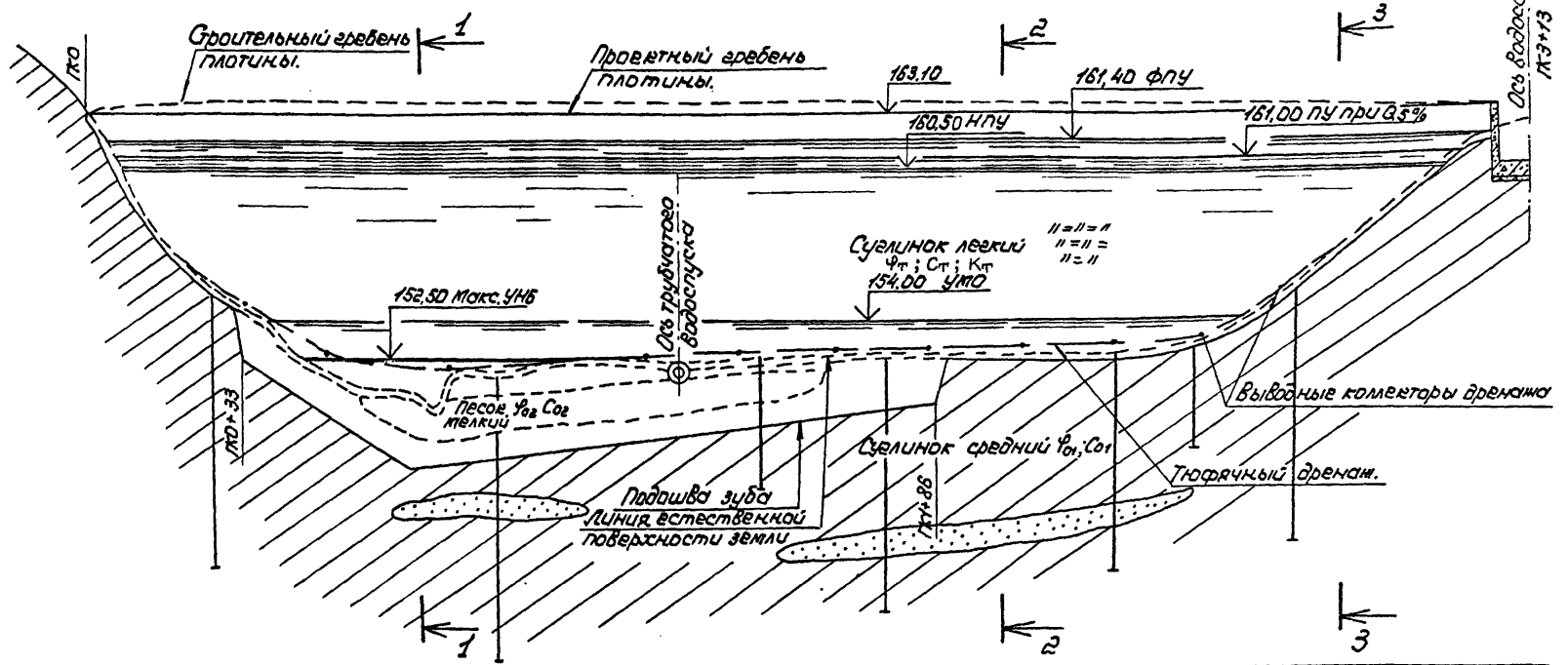
Масштаб:  
верт. 1:200  
гориз. 1:1000

# Продольный разрез по оси плотины.

Левый берег

Правый берег

168.00  
168.00  
164.00  
162.00  
160.00  
158.00  
156.00  
154.00  
152.00  
150.00  
148.00  
146.00  
144.00  
142.00  
140.00



Отметки поверхности земли	163.00	162.00	162.00	158.00	154.00	153.00	152.00	151.00	151.00	152.00	152.00	152.50	153.00	154.00	154.00	152.00	152.00	
Расстояние, м.	3	5	7	9	15	4	13	8	10	8	14	47	58	40	12	16	13	11
Отметки подошвы плотины, м.	161.7	162.7	162.7	157.7	153.7	153.7	152.7	151.7	150.7	150.7	151.7	151.7	152.2	152.7	153.7	153.7	157.7	153.7
Проектная высота плотины, м.	1.4	3.4	5.4	7.4	9.4	10.8	11.4	12.4	12.9	12.4	11.4	11.3	10.9	10.8	9.4	7.4	5.4	3.4
Строительная высота плотины, м.	1.4	3.4	5.8	7.7	9.8	11.9	11.9	12.9	11.9	11.4	11.9	11.3	10.8	9.8	7.7	5.8	3.5	3.5
Пикеты.	ПК0	ПК0+33			ПК0+58			ПК1	ПК1+58			ПК1+83	ПК2	ПК3				
№/И разведочных выработок		СРБ 53 155.60			СРБ 50 151.50				СРБ 48 152.15			СРБ 102 152.72	СРБ 103 152.49	СРБ 122 152.78	СРБ 51 155.00			

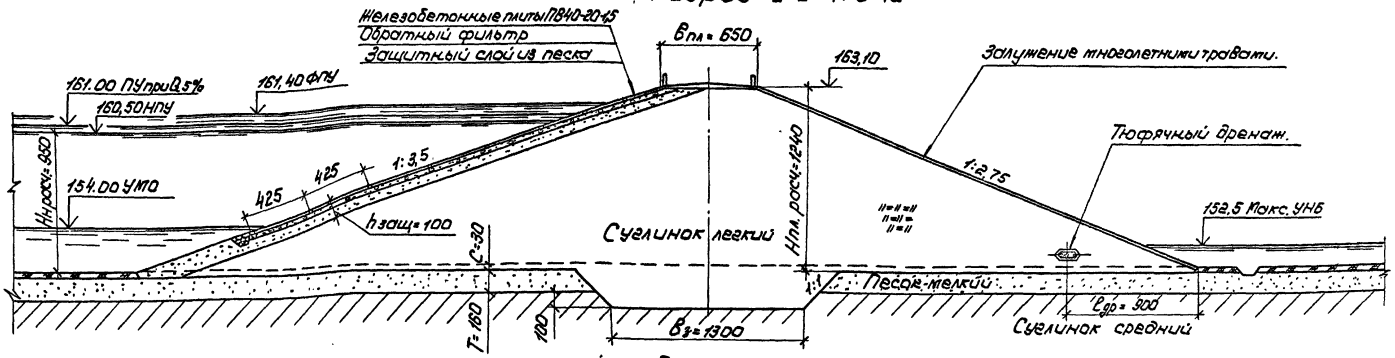
Шифр. № пров. Подпись и дата. Взам. инв. №

2.283/2

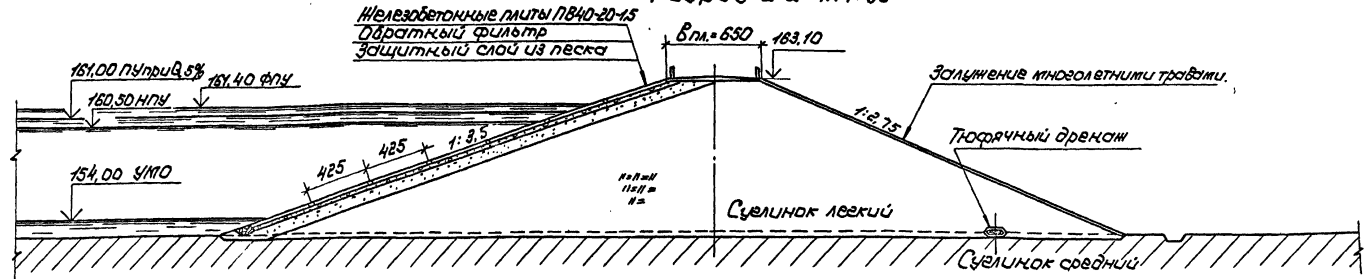
820-04-28.87 173 лист 167

820-04-28.87 Планом I, ч. II

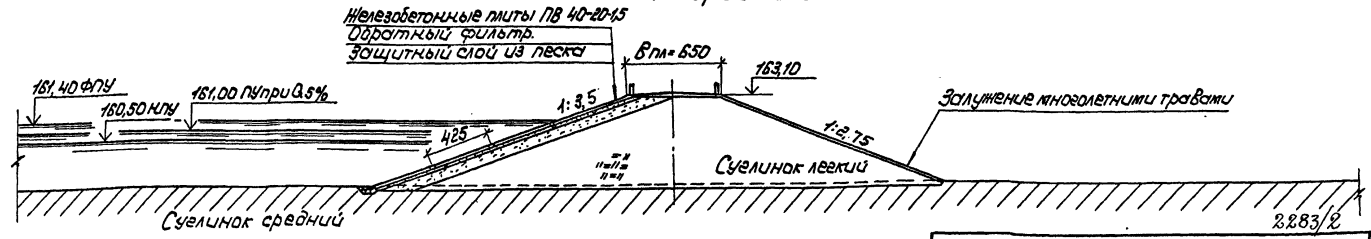
### Разрез 1-1 ПК+72



### Разрез 2-2 ПК+98



### Разрез 3-3 ПК+70



Шифр проекта, Подпись и дата, Взам. инв. №

2.2.83/2

ПЛАН  
М 1:1000

820-04-28.87

Алфавит I, II



Устройство железобетонного устройства

Трубчатый водоспуск

154.00 УМО

160.5 м/гн

161.00 при 0.5%

161.40 ФПУ

163.10

1:3.5

1:2.75

Водосборное сооружение

Водоводная канава

Выводные колодезья

Устройство засевок трав.

Отводящий канал водосбора

162.0

162.0

161.0

161.0

162.0

163.0

164.0

165.0

166.0

167.0

168.0

169.0

170.0

173

169

820-04-28.87

2.283/2

108

Имя Фамилия  
Должность и дата  
Взам.инв. №

30.04.2017