# ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

# 820—04—28.87

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

## АЛЬБОМ I

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ЧАСТЬ II

КФ ЦИТП инв. № 2283/2

# ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

# 820—04—28.87

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

АЛЬБОМ I. ЧАСТЬ II

СОСТАВ ПРОЕКТА:

Альбом I Пояснительная записка
Альбом II Чертежи
Альбом III Сметы

Утверждены Минводхозом СССР
Протокол №542 от04.061987 г.

Разработаны
институтом «Ленгипроводхоз»
Главнечерноземводстроя
Минводхоза СССР

*Главный инженер института* *В. Н. Кузнецов*

*Главный инженер проекта* *Г. М. Позднова*

© Госстрой СССР 1988г

КФ ЦИТП инв. №2283/2

# СОДЕРЖАНИЕ


| ПРИЛОЖЕНИЯ: | Стр. |
|---|---|
| I. 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 | I3 |
| 7. Методика расчетов местной (нормальной) фильтрационной прочности грунта тела плотины и грунта основания | I9 |
| 8. Примеры расчета местной (нормальной) фильтрационной прочности плотины | 24 |
| 9. Методика расчета фильтрации для плотины из одного вида грунта, расположенной на сильноводопроницаемом основании | 30 |
| I0. 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 |
| I2. Характеристики грунтов тела и основания плотины, необходимые для составления проекта плотины | 40 |
| I3. Методика исследований карьерного глинистого грунта, проводимых с целью определения проектной плотности грунта тела плотины | 4I |
| I4. Пределы применения типовых материалов для проектирования при расположении проектируемой плотины на водонасыщенном глинистом основании | 46 |
| I5. Методика проектирования зернового состава обратных фильтров для дренажей | 52 |
| I6. Примеры проектирования зернового состава грунта I слоя фильтра для дренажей | 57 |
| I7. Методика проектирования зернового состава обратных фильтров под крепление верхового откоса плотин | 64 |
| I8. Примеры проектирования зернового состава обратных фильтров под крепление верхового откоса плотин | 69 |
| I9. Конструкции сопряжения плотин с основанием | 73 |
| 20. Конструкции сопряжения плотин с берегом | 76 |
| 2I. Объемы земляных работ на секцию плотины I00 м | 79 |
| 22. Схемы производства работ | 84 |
| 23. Биологическая характеристика основных видов трав, применяемых в травосмеси для крепления низовых откосов | 94 |
| 24. Примеры проектирования плотин в различных инженерно-геологических условиях | 96 |
| 25. Пример составления проекта плотины с использованием типовых материалов для проектирования | I04 |


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

ПРИЛОЖЕНИЕ I

## УСЛОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

НПУ – нормальный подпорный уровень воды в водохранилище

ФПУ – форсированный уровень воды в водохранилище

ПУ при $Q_{5\%}$ – подпорный уровень воды в водохранилище, соответствующий пропуску максимального расхода воды 5 % вероятности превышения

УМО – уровень мертвого объема

УНБ – уровень нижнего бьефа

$H_{пл}$ – высота плотины

$H_н$ – расчетный напор на плотину при НПУ или при более высоком подпорном уровне, соответствующем пропуску расхода воды 5 % вероятности превышения

$H_{max}$ – максимальный напор на плотину при ФПУ

$h_{н.б.}$ – глубина воды в нижнем бьефе плотины

$m_1$ – коэффициент верхового откоса плотины

$m_2$ – коэффициент низового откоса плотины

$b_{пл}$ – ширина гребня плотины

$\varphi_т$; $c_т$ – угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта тела плотины

$\varphi_o$; $c_o$ – угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта основания плотины

$K_т$, $K_o$, $K_в$, $K_э$, $K_я$ – коэффициенты фильтрации соответственно: тела плотины, основания плотины, водоупора, экрана, ядра

$e$ – коэффициент пористости грунта

$e_{in}$ – коэффициент пористости грунта до приложения нагрузки (начальный коэффициент пористости)

$a_{max}$ – максимальный коэффициент уплотнения грунта

$c_{v,min}$ – коэффициент консолидации (наименьшее значение)

$w$ – влажность грунта в естественном состоянии

$w_L$ – влажность грунта на границе текучести

$w_p$ – влажность грунта на границе раскатывания

$w_{max}$ – максимальная молекулярная влагоемкость

$S_{r,in}$ – степень влажности грунта основания и тела плотины

$J_p$ – число пластичности

$J_L$ – показатель текучести

$\rho$ – плотность грунта

$\rho_d$ – плотность сухого грунта (проектная)

$\rho_s$ – плотность частиц грунта

$D$ – показатель плотности грунта

$h_{пр_1}$; $b_{пр_1}$ – высота и ширина по верху упорной призмы верхового откоса

$h_{пр_2}$; $b_{пр_2}$ – высота и ширина по верху упорной призмы низового откоса

$d_f$ – расчетная глубина сезонного промерзания грунта

$\rho_в$ – плотность воды

$p_a$ – атмосферное давление

$r_{u,max}$ – коэффициент порового давления

$v_w$ – скорость ветра на высоте 10 м над уровнем водоема

$h_{1\%}$ – расчетная высота волны

$\lambda$ – расчетная длина волны

$h_{зап1\%}$ – высота наката волны

$\Delta h_{set}$ – высота ветрового нагона воды

$\Delta H$ – возвышение гребня плотины над НПУ

$L$ – длина разгона волны в водохранилище

$c$ – толщина растительного слоя, снимаемого в основании плотины

$\eta_ф$; $\eta_г$ – коэффициенты разнозернистости обратного фильтра и грунта основания

$t_ф$ – толщина обратного фильтра

$Д_{85}$; $Д_{60}$; $Д_{10}$; $d_{60}$; $d_{10}$ – размеры частиц грунта обратного фильтра (Д) и основания ($d$), меньше которых содержится 85, 60, 10 % частиц по массе

$Д_{ba_1}$ – расчетный размер (диаметр) камня в каменной наброске

$T$ – глубина залегания водоупора

$l_{др.}$ – расстояние от подошвы низового откоса до начала трубчатого или тюфячного дренажа

$h_{д.б}$ – высота дренажного банкета

$Q_1$ – фильтрационный расход через плотину и ее основание на 1 м длины плотины (м³/с)

$q_r$ – относительный фильтрационный расход ($q_r = \frac{q}{K_т}$ или $q_r = \frac{q}{K_o}$, м)

$q$ – удельный фильтрационный расход (м²/с)

$J_д$ – средний действующий градиент фильтрационного напора

$J_{д,max}$ – максимальный действующий градиент фильтрационного напора

$J_{кр.}$ – критический градиент фильтрационного напора

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

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

А. Классификация грунтов по числу пластичности и механическому составу

I. Числом пластичности грунта $J_p$ 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.I.

Таблица I

| Наименование грунта | Число пластичности в % |
|---|---|
| Глина | $J_p > 17$ |
| Суглинок | $7 < J_p \leq 17$ |
| Супесь | $1 \leq J_p \leq 7$ |

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

Таблица 2

| Наименование грунта | Содержание частиц в % по массе | | | |
|---|---|---|---|---|
| | глинистых ≤ 0,005 мм | пылеватых 0,005–0,05 мм | песчаных 0,05–2 мм | гравелистых 2–20 мм |
| Глина тяжелая | >60 | – | больше, чем пылеватых | ≤ 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 | I5–20 | – | больше, чем пылеватых | |
| Суглинок средний пылеватый | | больше, чем песчаных | – | |
| Суглинок легкий | I0–I5 | – | больше, чем пылеватых | |
| Суглинок легкий пылеватый | | больше, чем песчаных | – | |
| Супесь тяжелая пылеватая | 6–I0 | – | больше, чем пылеватых | |
| Супесь тяжелая | | больше, чем песчаных | – | |
| Супесь легкая | 3–6 | – | больше, чем пылеватых | |
| Супесь легкая пылеватая | | больше, чем песчаных | – | |

Таблица 3

| Наименование грунта | Содержание частиц в % по весу, Р | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | >10 мм | 10-2мм | 2-0,5мм | 0,5-0,25 мм | 0,25-0,1 мм | <0,1 мм |
| А. Крупнообломочные<br>Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц-щебенистый) | Р>50 | - | - | - | - | - |
| Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц-дресвяный) | Р>50 | | - | - | - | - |
| Б. Песчаные<br>Песок гравелистый | 25<Р<50 | | - | - | - | - |
| Песок крупный | Р > 50 | | | - | - | - |
| Песок средней крупности | Р > 50 | | | | Р < 50 | |
| Песок мелкий | Р > 75 | | | | | - |
| Песок пылеватый | Р < 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 |
|---|---|
| СУПЕСИ | |
| Твердые | $J_L < 0$ |
| Пластичные | $0 \leqslant J_L < 1$ |
| Текучие | $J_L > 1$ |
| СУГЛИНКИ И ГЛИНЫ | |
| Твердые | $J_L < 0$ |
| Полутвердые | $0 \leqslant J_L \leqslant 0,25$ |
| Тугопластичные | $0,25 < J_L \leqslant 0,50$ |
| Мягкопластичные | $0,50 < J_L \leqslant 0,75$ |
| Текучепластичные | $0,75 < J_L \leqslant 1$ |
| Текучие | $J_L > 1$ |

В. Плотность грунтов

I. 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$^3$ | 2,66 | 2,70 | 2,71 | 2,74 |

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 | $e < 0,55$ | $0,55 \leqslant e \leqslant 0,70$ | $e > 0,70$ |
| Пески мелкие | $e < 0,60$ | $0,60 \leqslant e \leqslant 0,75$ | $e > 0,75$ |
| Пески пылеватые | $e < 0,60$ | $0,60 \leqslant e \leqslant 0,80$ | $e > 0,80$ |

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:

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

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 $\rho_o$ – то же, в естественном состоянии или в теле плотины.

В зависимости от показателя плотности песчаные грунты разделяются следующим образом:

$0 < D \leqslant 0,33$ – рыхлые

$0,33 < D \leqslant 0,66$ – средней плотности

$0,66 < D \leqslant I$ – плотные

Д. Коэффициенты фильтрации

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

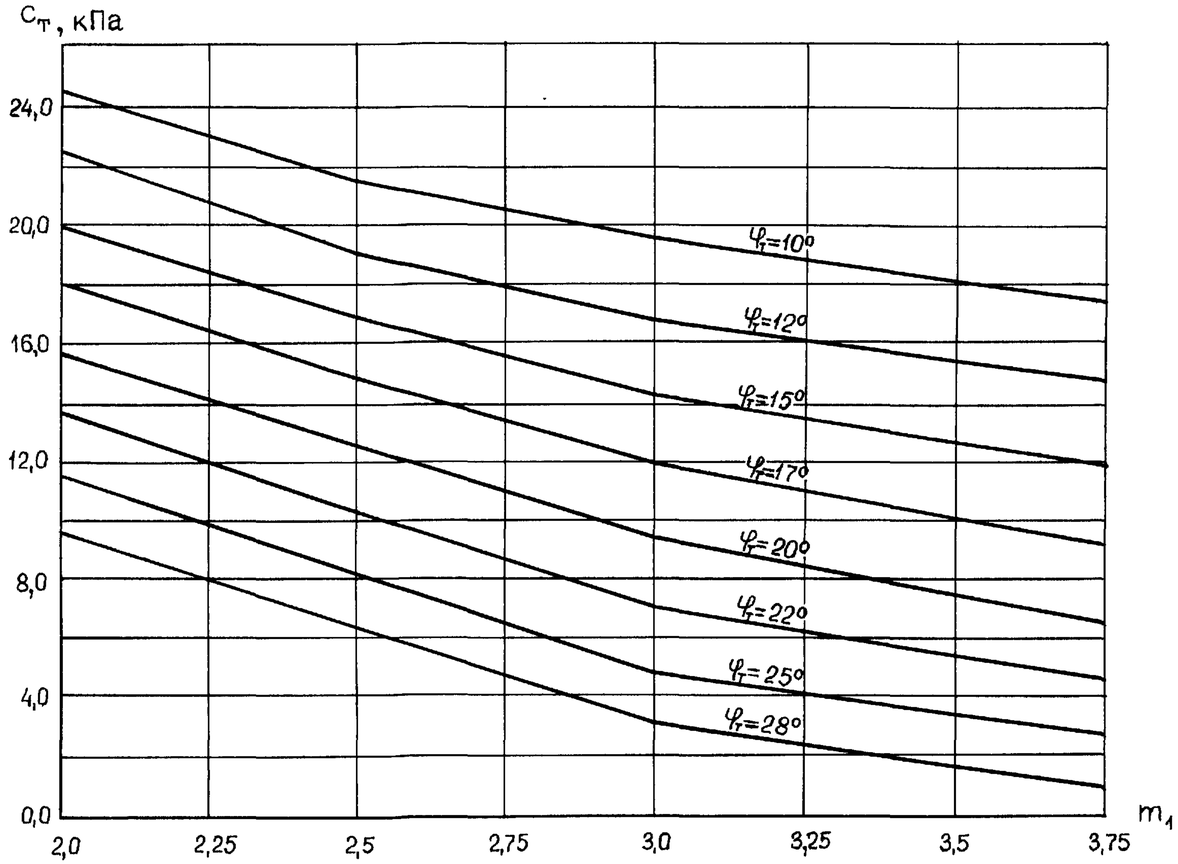
Таблица 7

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

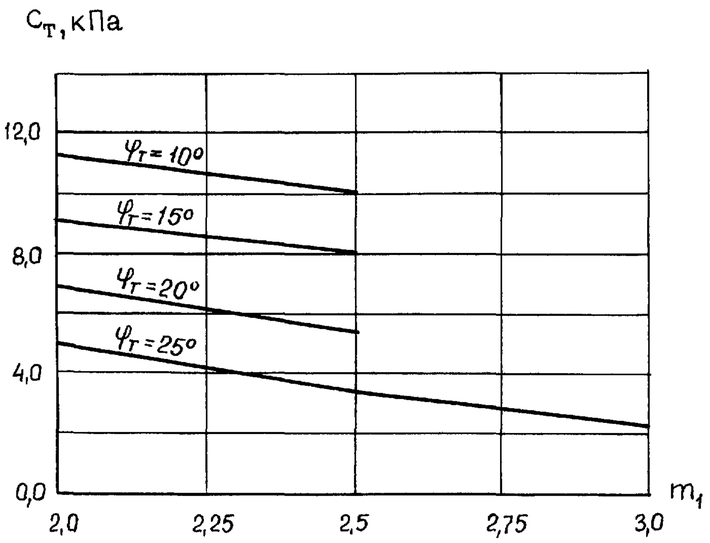
ГРАФИКИ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕРХОВЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

I. $H_{пл.}$ = I0 м; $H_н$ = 8 м; $H_{max}$ = 9 м.



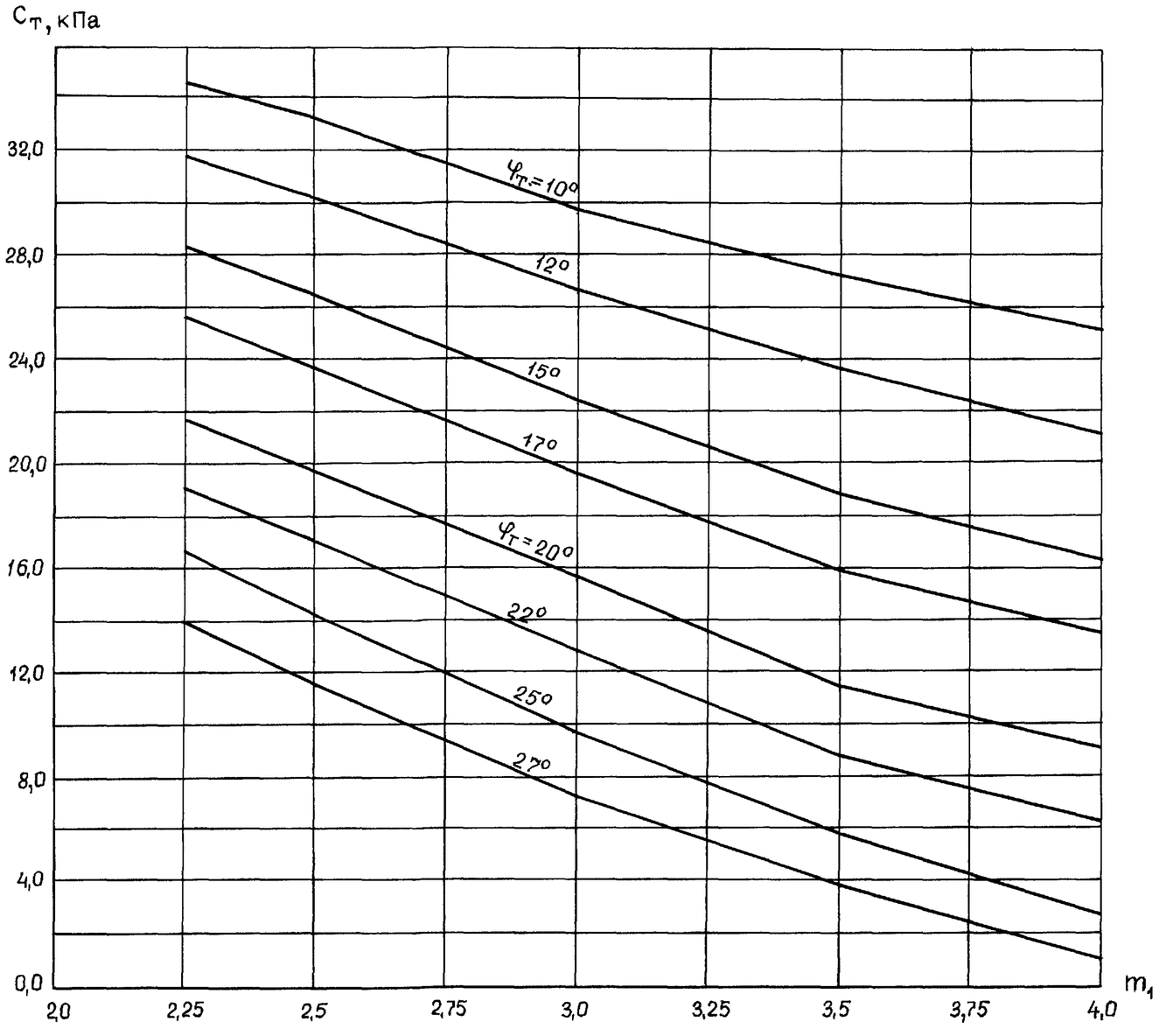

2. $H_{пл.}$ = 5 м; $H_н$ = 3,5 м; $H_{max}$ = 4,0 м.




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

2283/2

3. $H_{пл.}$ = I5 м; $H_{н}$ = I3 м; $H_{max}$ = I4 м.




ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Графики составлены применительно к плотинам из одного вида грунта, при характеристиках грунта основания $\varphi_o$ и $C_o$ тех же, что грунта тела плотины: $\varphi_o \approx \varphi_т$, $C_o \approx C_т$.

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 $K_S$ = I,I6.

5. Графики неприменимы для плотин, тело которых сложено из грунтов с коэффициентом фильтрации более $I0^{-4}$ см/с.

6. В расчетах устойчивости приняты расчетные значения плотности грунта: естественной влажности - $\rho_o$ = I,8 т/м$^3$;
насыщенного водой - $\rho_{sat}$ = 2,0 т/м$^3$;
взвешенного - $\rho_1$ = I,0 т/м$^3$.

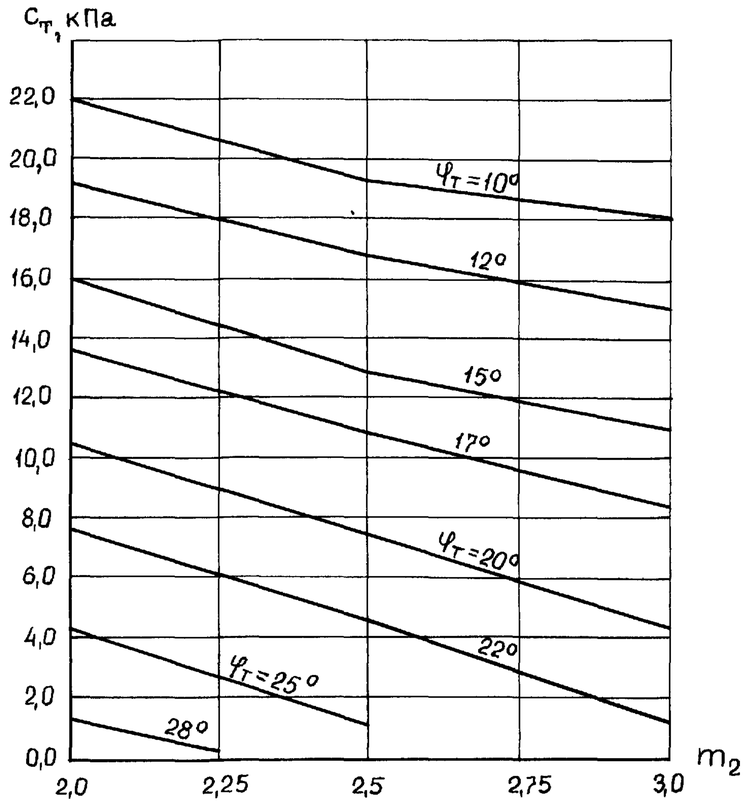
7. Расчеты устойчивости откосов выполнены по программе, разработанной ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева /шифр программы - „GALOSH" /, с помощью ЭВМ "ЕС-I030".

ГРАФИКИ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ НИЗОВЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

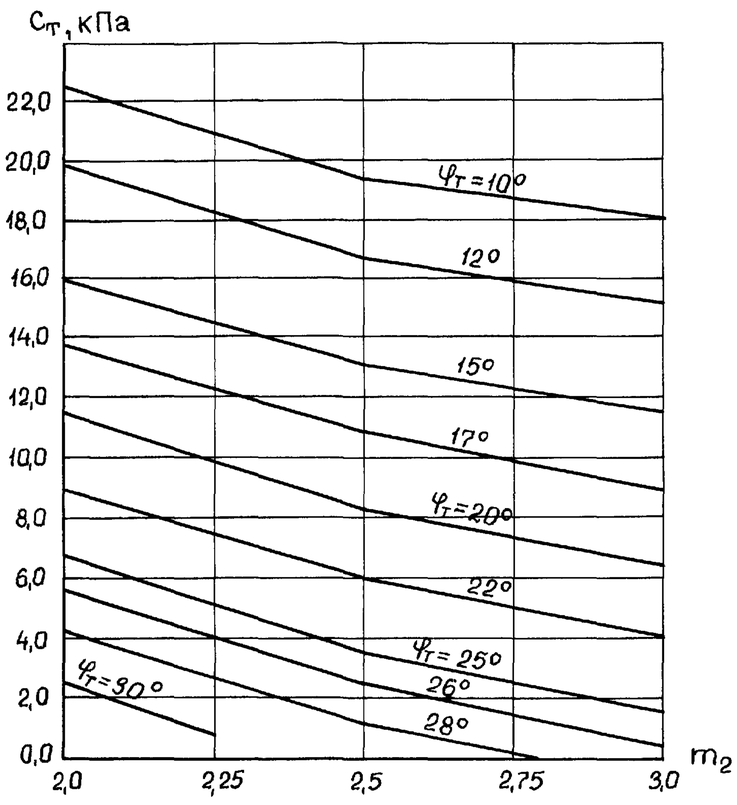
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

I. $H_{пл.}$ = I0 м; $H_{н}$ = 8 м; $H_{max}$ = 9 м.

а) При трубчатом и тюфячном дренаже




б) При наслонном дренаже




ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Графики составлены применительно к плотинам из одного вида грунта, при характеристиках грунта основания $\varphi_o$ и $C_o$ тех же, что грунта тела плотины: $\varphi_o = \varphi_т$, $C_o = C_т$

2. Расчеты общей устойчивости низового откоса плотины произведены по методу Терцаги-ВНИИГ для круглоцилиндрических поверхностей сдвига.

Расчетные случаи:

а) основной: в верхнем бьефе – НПУ; расчетный напор на плотину – Нн; в теле плотины – установившаяся фильтрация; в нижнем бьефе глубина воды – в пределах от 0 до 0,2 Н пл; коэффициент устойчивости равен $K_S$ = I,I6;

б) особый: в верхнем бьефе – ФПУ; расчетный напор на плотину – $H_{max}$ ; в теле плотины – установившаяся фильтрация; в нижнем бьефе глубина воды – 0,2 Нпл; коэффициент устойчивости равен $K_S$ = I,05.

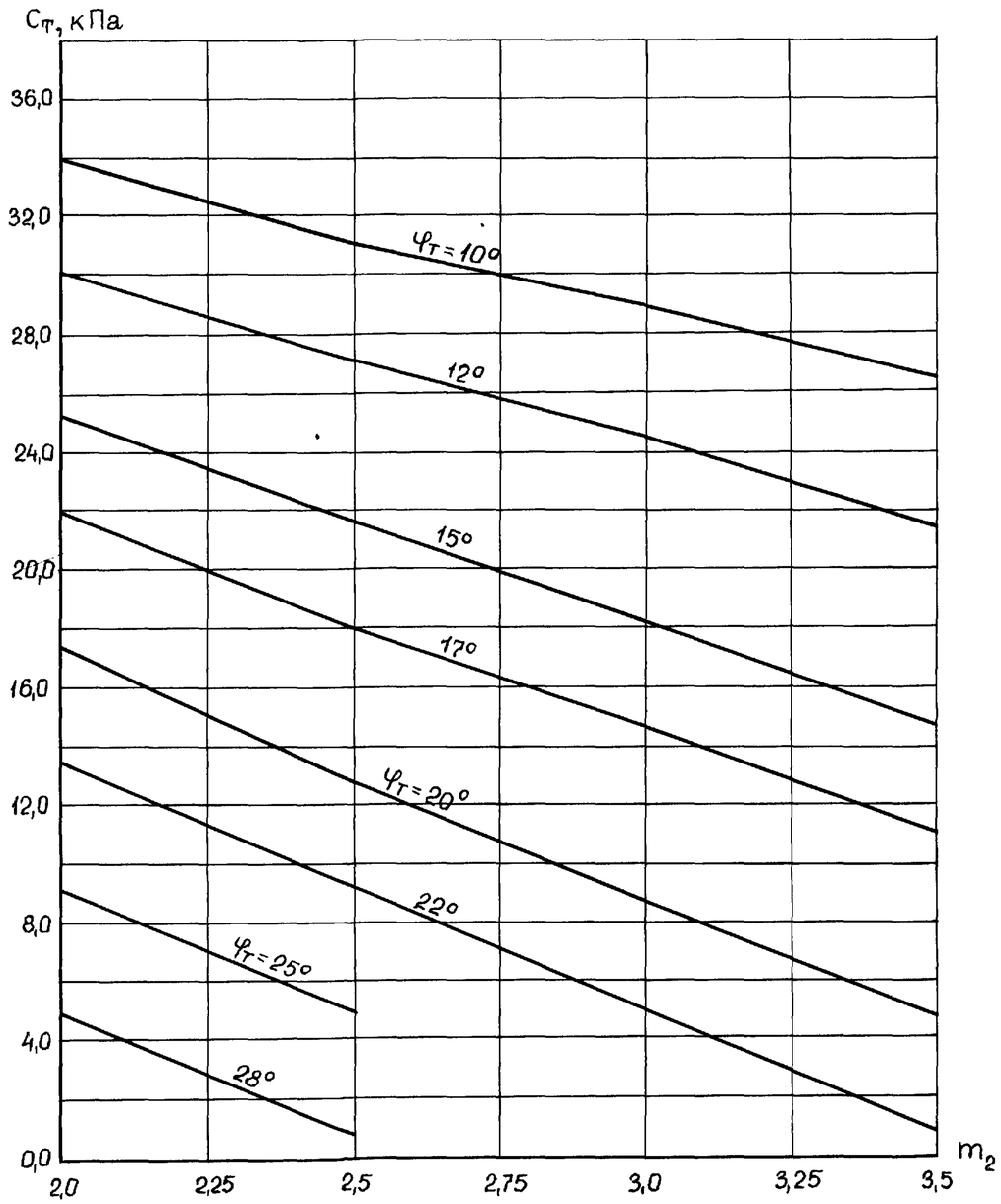
3. При расчете устойчивости низовых откосов плотин по основному расчетному случаю глубина воды в нижнем бьефе принималась: при трубчатом или тюфячном дренаже $h_{н.б.}$ = 0; при наслонном дренаже – $h_{н.б.}$ = = 0,2 Н пл.

4. В расчетах устойчивости приняты расчетные значения плотности грунта:
   естественной влажности – $\rho_0$ = I,8 т/м³;
   насыщенного водой – $\rho_{sat}$ = 2,0 т/м³;
   взвешенного – $\rho_1$ = I,0 т/м³.

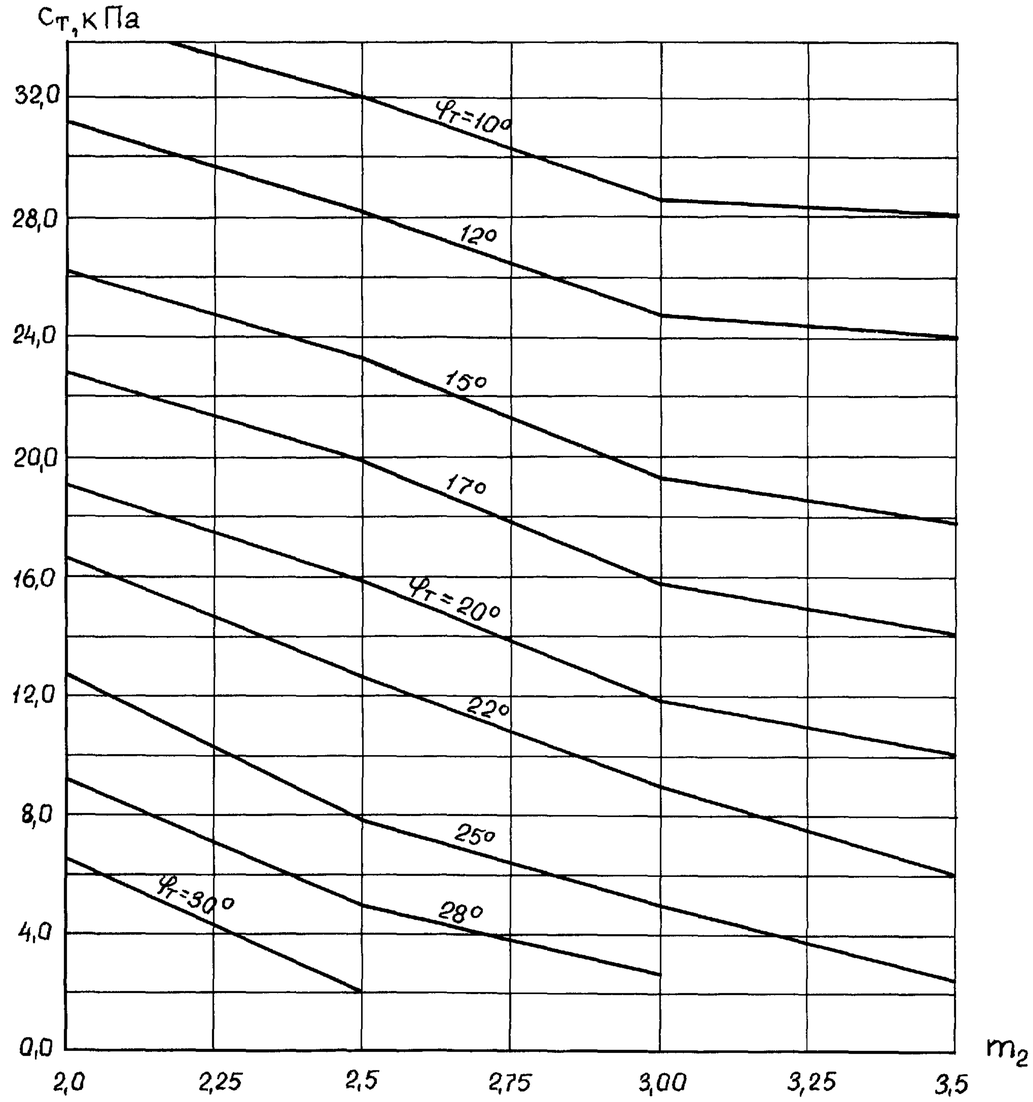
5. Расчеты устойчивости откосов выполнены по программе, разработанной ВНИИГ им.Веденеева Б.Е. (шифр программы –"GALOSH"), с помощью ЭВМ "ЕС-I030".

2. $H_{пл.}$ = I5 м; $H_{н}$ = I3 м; $H_{max}$ = I4 м.

а) при трубчатом и тюфячном дренаже.




б) при наслонном дренаже



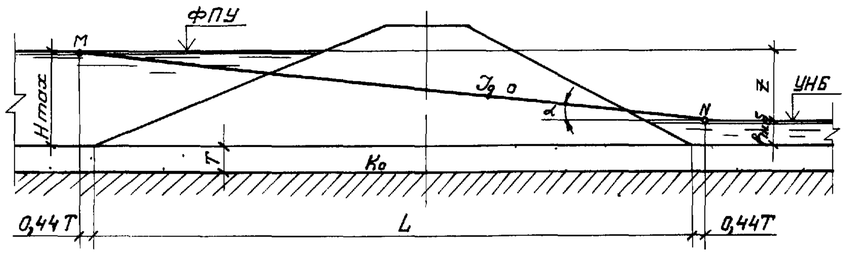

Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

2283/2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

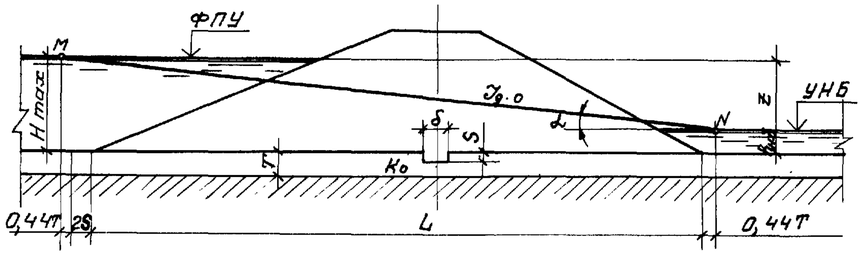
# СХЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГРАДИЕНТОВ В ОСНОВАНИИ, ТЕЛЕ ПЛОТИНЫ И ЕЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

## I. Однородное основание; плотина без зуба



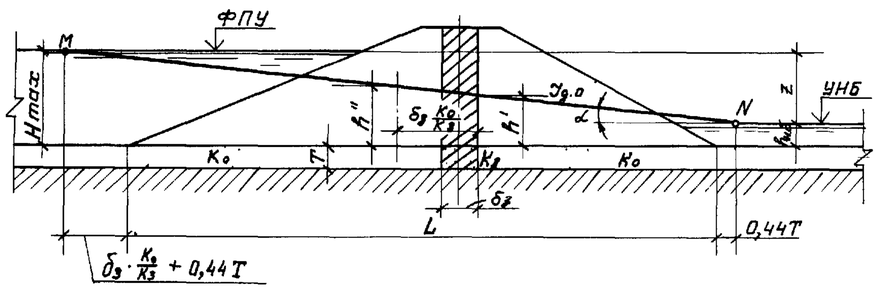

$$J_{g0} = \frac{Z}{L + 0,88T} \quad (1)$$

## 2. Однородное основание; плотина с висячим зубом




$$J_{g.o} = \frac{Z}{L + 2S + 0.88T} \quad (2)$$

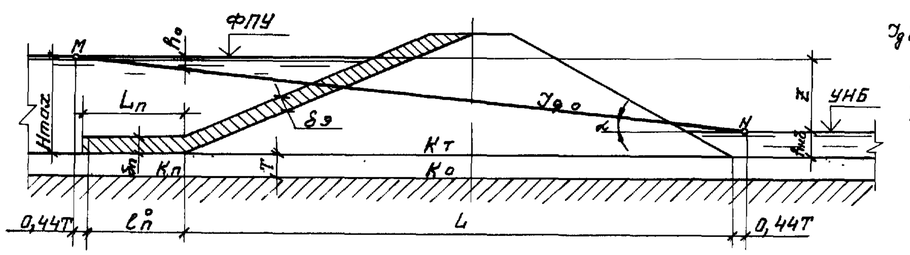
## 3. Однородное основание; плотина с ядром и маловодопроницаемым зубом, доходящим до водоупора




$$J_{g0} = \frac{Z}{L + \frac{K_0}{K_з} \cdot \delta_з + 0,88T} \quad (3)$$

$$J_{gз} = \frac{h'' - h'}{\delta_з} \quad (4)$$

## 4. Однородное основание; плотина имеет понур

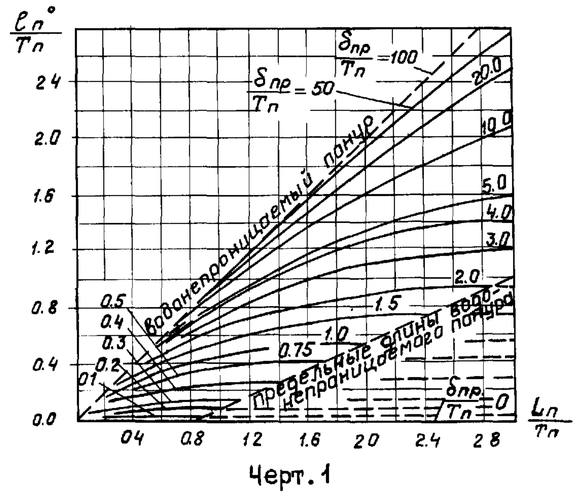



$$J_{g0} = \frac{Z}{L + \ell^{\circ}_{п} + 0,88T}, \quad (5)$$

где $\ell^{\circ}_{п}$ определяется по графику черт 1

$$J_{gп} = \frac{h_0}{\delta_п} \quad (6)$$

## График Р.Р.Чугаева для определения $\ell^{\circ}_{п}$ – длины укороченного эквивалентного (водонепроницаемого) понура




Черт. 1

Условные обозначения:

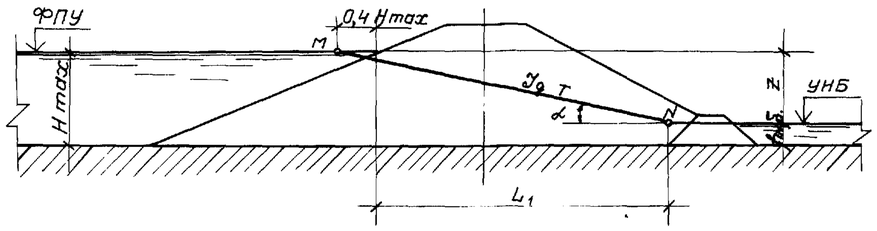
$J_{g.o}, J_{gз}, J_{gп}, J_{gт}, J_{gя}$ и $J_{gэ}$ – действующие градиенты, соответственно: основания, зуба, понура, тела, ядра и экрана плотины.

$L_п, \delta_п$ – соответственно, длина и толщина действительного водонепроницаемого понура.

$T_п$ – действительное заглубление водоупора под подошвой понура, но не больше величины $T_{расч.} = 0,5(\ell_п + L)$, где L – ширина плотины по низу. $\delta_{пр}$ – приведенная толщина понура $\delta_{пр} = \delta_п \frac{K_e}{K_п}$.

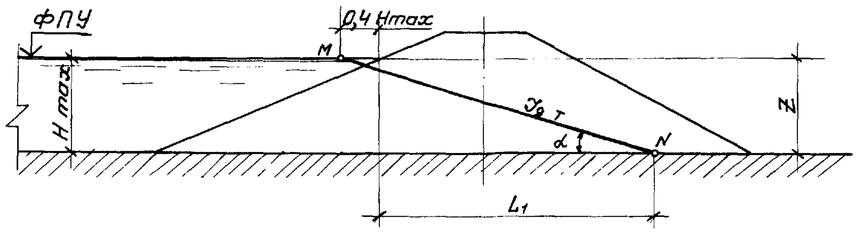
2283/2

5. Однородное тело плотины; дренажный банкет



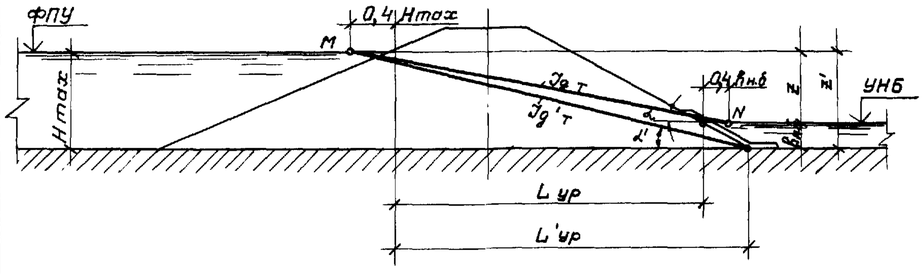

$$\gamma_{g.т} = \frac{Z}{L_1 + 0{,}4\,H_{max}} \quad (7)$$

6. Однородное тело плотины; дренаж трубчатый




$$\gamma_{g.т} = \frac{Z}{L_1 + 0{,}4\,H_{max}} \quad (8)$$

7. Однородное тело плотины; дренаж наслонный или без дренажа



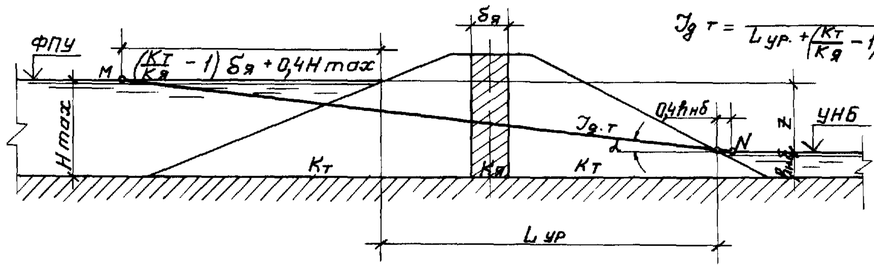

а) при $h_{н.б.} > 0$

$$\gamma_{g.т} = \frac{Z}{L_{ур.} + 0{,}4\,H_{max} + 0{,}4\,h_{н.б}} \quad (9)$$

б) при $h_{н.б.} = 0$

$$\gamma'_{g\,т} = \frac{Z'}{L'_{ур} + 0{,}4\,H_{max}} \quad (10)$$

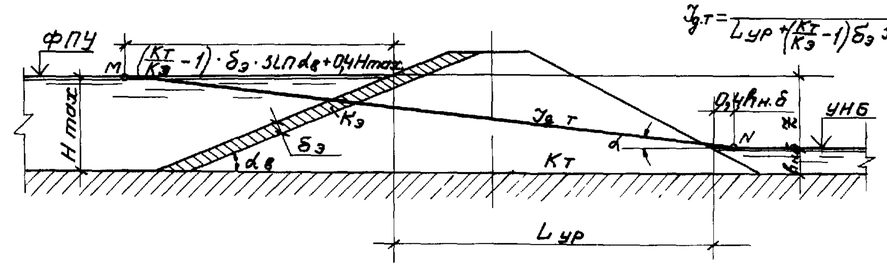
8. Тело плотины с ядром




$$\gamma_{g\,т} = \frac{Z}{L_{ур.} + \left(\frac{K_т}{K_я} - 1\right)\delta_я + 0{,}4H_{max} + 0{,}4\,h_{н.б}} \quad (11)$$

$$\gamma_{g\,я} = \frac{Z}{\delta_я} \quad (12)$$

9. Тело плотины с экраном




$$\gamma_{g.т} = \frac{Z}{L_{ур} + \left(\frac{K_т}{K_э} - 1\right)\delta_э\sin\alpha_в + 0{,}4H_{max} + 0{,}4\,h_{н.б.}} \quad (13)$$

$$\gamma_{g\,э} = \frac{Z}{\delta_э} \quad (14)$$

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. При определении $\gamma_{g\,о}$ (схемы I–4) и $\gamma_{g\,т}$ 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 верховом откосе.
3. В схеме 3 "$K_0$" принимается по наибольшему значению коэффициента фильтрации для тела и основания плотины.
4. Значения $\gamma_{g.а}$ (по формуле I2) и $\gamma_{g\,э}$ (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 П 93-8I , Л, I98I г.
ВНИИГ

2283/2



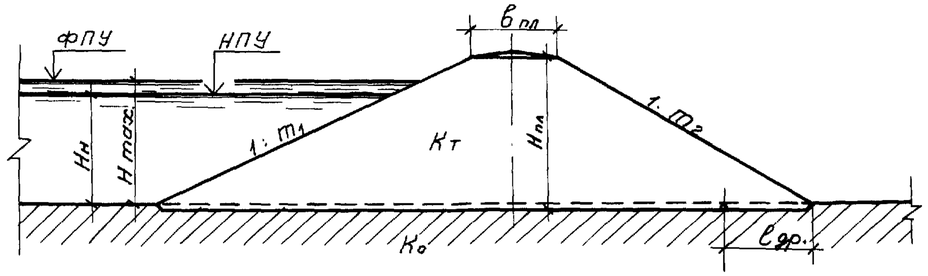
Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

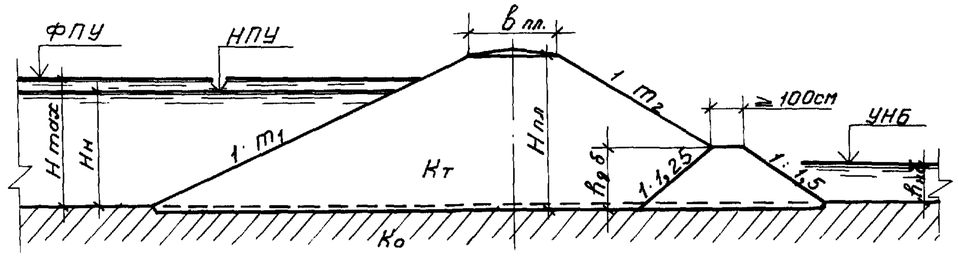
# ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОТИН (ДЕЙСТВУЮЩИЕ ГРАДИЕНТЫ, ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ) И КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ.

## I. Плотины однородные, располагаемые на водоупоре.

а) с трубчатым дренажем




б) с дренажным банкетом




в) с наслонным дренажем

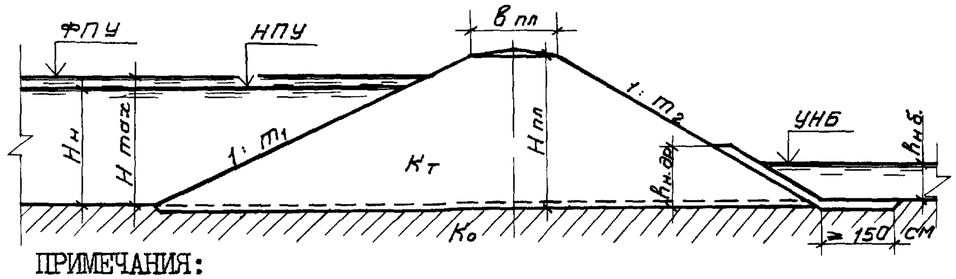



Таблица I

| $H_{пл.}$ м | $H_н$ ($H_{max.}$) м | $m_1$ | $m_2$ | $h_{н.б.}$ м | Трубчатый дренаж $l_{др.}$ м | Трубчатый дренаж $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | Дренажный банкет $h_{д.б.}$ м | Дренажный банкет $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | Наслонный дренаж для плотин из глинистых грунтов $K_т < 10^{-3}$ см/с $h_{н.др.}$ м | Наслонный дренаж для плотин из глинистых грунтов $K_т < 10^{-3}$ см/с $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | Наслонный дренаж для плотин из песчаных грунтов $K_т \geq 10^{-3}$ см/с $h_{н.др.}$ м | Наслонный дренаж для плотин из песчаных грунтов $K_т \geq 10^{-3}$ см/с $q_2=\frac{q}{K_т}$ м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,0 | 3,5 (4,0) | 2,0 | 2,0 | 0 | 6,0 | 0,58 | I,9 | 0,58 | I,2 | 0,43 | I,6 | 0,57 |
| | | | | 0,7 | – | – | 2,4 | 0,62 | I,5 | 0,43 | I,9 | 0,57 |
| | | 2,5 | 2,0 | 0 | 6,0 | 0,55 | I,9 | 0,55 | I,2 | 0,42 | I,6 | 0,55 |
| | | | | 0,7 | – | – | 2,4 | 0,58 | I,5 | 0,42 | I,9 | 0,55 |
| | | 3,0 | 2,0 | 0 | 6,0 | 0,52 | I,9 | 0,53 | I,2 | 0,4I | I,6 | 0,54 |
| | | | | 0,7 | – | – | 2,4 | 0,55 | I,5 | 0,4I | I,9 | 0,54 |
| I0,0 | 8,0 (9,0) | 2,5 | 2,0 | 0 | 7,5 | I,43 | 2,5 | I,43 | 3,I | I,20 | 4,3 | I,64 |
| | | | | I,6 | – | – | 3,3 | I,47 | 3,4 | I,20 | 4,4 | I,6 |
| | | 3,0 | 2,25 | 0 | 8,5 | I,29 | 2,5 | I,27 | 3,I | I,I0 | 4,3 | I,49 |
| | | | | I,6 | – | – | 3,5 | I,34 | 3,4 | I,I0 | 4,4 | I,46 |
| | | 3,5 | 2,25 | 0 | 8,5 | I,24 | 2,5 | I,23 | 3,I | I,00 | 4,3 | I,47 |
| | | | | I,6 | – | – | 3,5 | I,29 | 3,4 | I,00 | 4,4 | I,43 |
| I5,0 | I3,0 (I4,0) | 2,75 | 2,0 | 0 | I0,0 | 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 | 0 | II,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 | 0 | I2,5 | 2,20 | 3,6 | 2,20 | 5,8 | I,90 | 7,3 | 2,4I |
| | | | | 2,6 | – | – | 4,5 | 2,23 | 6,0 | I,90 | 7,4 | 2,30 |
| | | 4,0 | 2,75 | 0 | I3,5 | 2,00 | 3,7 | 2,00 | 5,8 | I,70 | 7,3 | 2,22 |
| | | | | 2,6 | – | – | 4,6 | 2,03 | 6,0 | I,70 | 7,4 | 2,II |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Размеры дренажных устройств $l_{др.}$ и $h_{д.б.}$ определены для районов с расчетной глубиной сезонного промерзания грунта $d_f$ = 2,0 м.

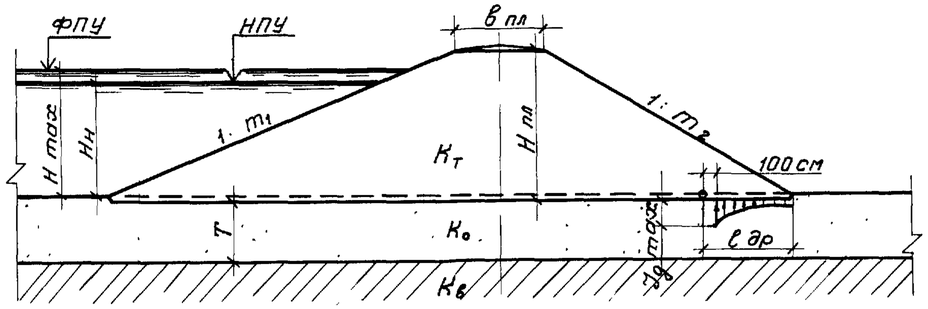
2. Высота наслонного дренажа $h_{н.др}$ дана из условия расположения его на участке выклинивания кривой депрессии на откос. Для плотин из глинистых грунтов $h_{н.др.}$ определена при НПУ, для плотин из песчаных грунтов – при ФПУ. В случае необходимости защиты откоса от промерзания высота наслонного дренажа уточняется в каждом частном случае.

3. Приведенные удельные фильтрационные расходы $q_2$ определены при НПУ и коэффициенте фильтрации Ко=0. Для ориентировочных расчетов данные таблицы используются при Ко ≤ 0,I Кт.

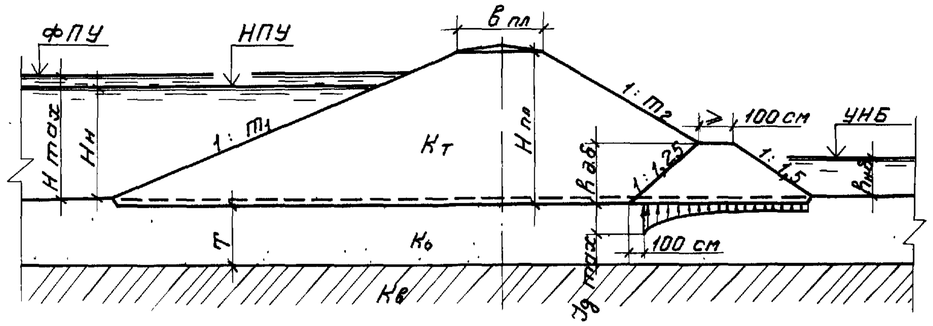
4. Фильтрационные расчеты произведены при $b_{пл}$ = 4,5 м. 2283/2

## 2. ПЛОТИНЫ ОДНОРОДНЫЕ, РАСПОЛАГАЕМЫЕ НА ВОДОПРОНИЦАЕМОМ ОСНОВАНИИ

а) с трубчатым дренажем




б) с дренажным банкетом




в) с наслонным дренажем

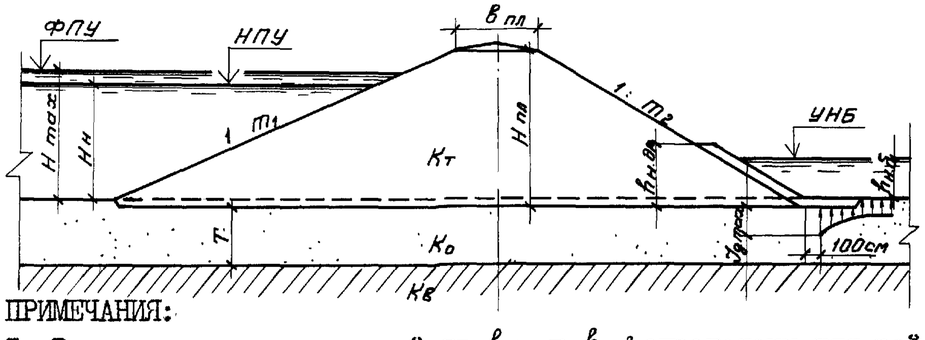



Таблица 2

| $H_{пл.}$ м | $H_н$ м | $m_1$ | $m_2$ | $h_{н.б.}$ м | T м | Трубчатый дренаж $l_{др.}$ м | $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | $\gamma_{q\,max}$ | Дренажный банкет $h_{д.б.}$ м | $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | $\gamma_{q\,max}$ | Наслонный дренаж $h_{н.др.}$ м | $q_2=\frac{q}{K_т}$ м | $\gamma_{q.max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,0 | 3,5 | 2,5 | 2,0 | 0 | 4 | 5,0 | I,27 | 0,20 | I,5 | I,3I | 0,28 | I,2 | I,I0 | 0,I6 |
| | | | | 0,7 | | – | – | – | 2,5 | I,I3 | 0,24 | I,6 | 0,97 | 0,I2 |
| | | | | 0 | 6 | 5,0 | I,55 | 0,24 | I,5 | I,60 | 0,32 | I,2 | I,42 | 0,I9 |
| | | | | 0,7 | | – | – | – | 2,5 | I,35 | 0,27 | I,6 | I,23 | 0,I4 |
| | | 3,0 | 2,25 | 0 | 4 | 6,0 | I,20 | 0,I9 | I,5 | I,25 | 0,25 | I,2 | I,00 | 0,I4 |
| | | | | 0,7 | | – | – | – | 2,6 | I,08 | 0,22 | I,6 | 0,89 | 0,II |
| | | | | 0 | 6 | 6,0 | I,47 | 0,23 | I,5 | I,48 | 0,29 | I,2 | I,30 | 0,I8 |
| | | | | 0,7 | | – | – | – | 2,6 | I,28 | 0,25 | I,6 | I,I2 | 0,I3 |
| I0,0 | 8,0 | 2,75 | 2,0 | 0 | 4 | 6,0 | 2,23 | 0,26 | I,7 | 2,27 | 0,38 | 2,5 | 2,0 | 0,2I |
| | | | | I,6 | | – | – | – | 3,5 | 2,I5 | 0,36 | 2,9 | I,94 | 0,I6 |
| | | | | 0 | 12 | 6,0 | 3,60 | 0,42 | I,7 | 3,7I | 0,57 | 3,I | 3,63 | 0,36 |
| | | | | I,6 | | – | – | – | 3,5 | 3,26 | 0,5I | 3,7 | 3,3I | 0,28 |
| | | 3,5 | 2,25 | 0 | 4 | 6,5 | 2,0I | 0,23 | I,7 | 2,02 | 0,32 | 2,3 | I,79 | 0,I9 |
| | | | | I,6 | | – | – | – | 3,5 | I,93 | 0,30 | 2,8 | I,73 | 0,I5 |
| | | | | 0 | I2 | 6,5 | 3,30 | 0,38 | I,7 | 3,37 | 0,50 | 2,9 | 3,26 | 0,33 |
| | | | | I,6 | | – | – | – | 3,5 | 2,98 | 0,45 | 3,5 | 2,97 | 0,25 |
| I5,0 | I3,0 | 2,75 | 2,25 | 0 | 6 | 8,0 | 3,64 | 0,36 | 2,0 | 3,7I | 0,54 | 4,6 | 3,35 | 0,30 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,7 | 3,58 | 0,53 | 5,2 | 3,35 | 0,24 |
| | | | | 0 | I8 | 8,0 | 5,8I | 0,56 | 2,0 | 5,98 | 0,77 | 5,6 | 5,98 | 0,49 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,7 | 5,36 | 0,7I | 6,3 | 5,62 | 0,38 |
| | | 3,25 | 2,5 | 0 | 6 | 9,0 | 3,36 | 0,33 | 2,I | 3,4I | 0,48 | 4,5 | 3,05 | 0,28 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,7 | 3,32 | 0,46 | 5,I | 3,06 | 0,22 |
| | | | | 0 | I8 | 8,5 | 5,39 | 0,5I | 2,0 | 5,53 | 0,69 | 5,3 | 5,47 | 0,45 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,7 | 5,03 | 0,64 | 6,2 | 5,I6 | 0,35 |
| | | 4,0 | 2,75 | 0 | 6 | 9,5 | 3,I0 | 0,30 | 2,2 | 3,I4 | 0,42 | 4,4 | 2,78 | 0,25 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,9 | 3,06 | 0,4I | 5,0 | 2,79 | 0,20 |
| | | | | 0 | I8 | 9,0 | 5,03 | 0,47 | 2,I | 5,I5 | 0,63 | 5,I | 5,0I | 0,42 |
| | | | | 2,6 | | – | – | – | 4,7 | 4,66 | 0,57 | 6,0 | 4,73 | 0,32 |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Размеры дренажных устройств $l_{др.}$ и $h_{д.б.}$ определены для районов с расчетной глубиной сезонного промерзания грунта $d_f$ = 2,0 м.

2. Высота наслонного дренажа $h_{н.др.}$ дана для плотин из глинистых грунтов из условия расположения его на участке выклинивания кривой депрессии на откос. В случае необходимости защиты откоса от промерзания в пределах выклинивания кривой депрессии высота наслонного дренажа уточняется в каждом частном случае.

3. Данные таблицы определены при НПУ и $K_о = K_т$. Для ориентировочных расчетов они могут быть использованы при 0,I $K_т \leq K_о \leq$ I0 $K_т$.

4. Фильтрационные расчеты произведены при $b_{пл}$ = 4,5 м.

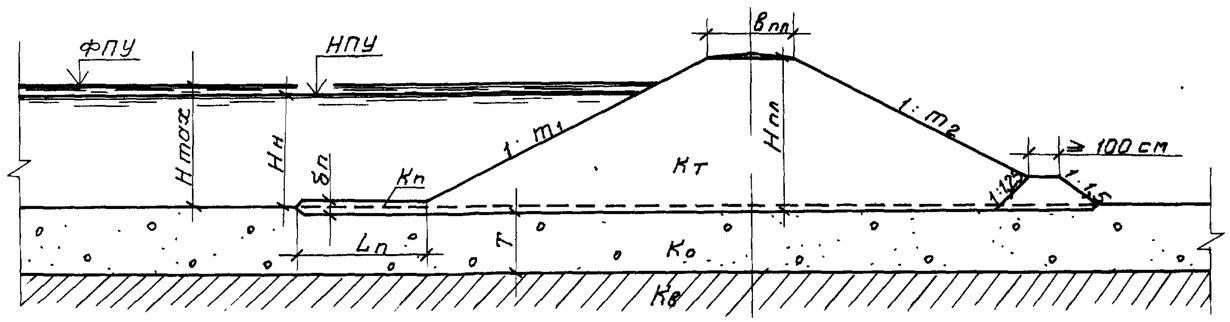
2283/2



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

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

а) с дренажным банкетом




б) без дренажа

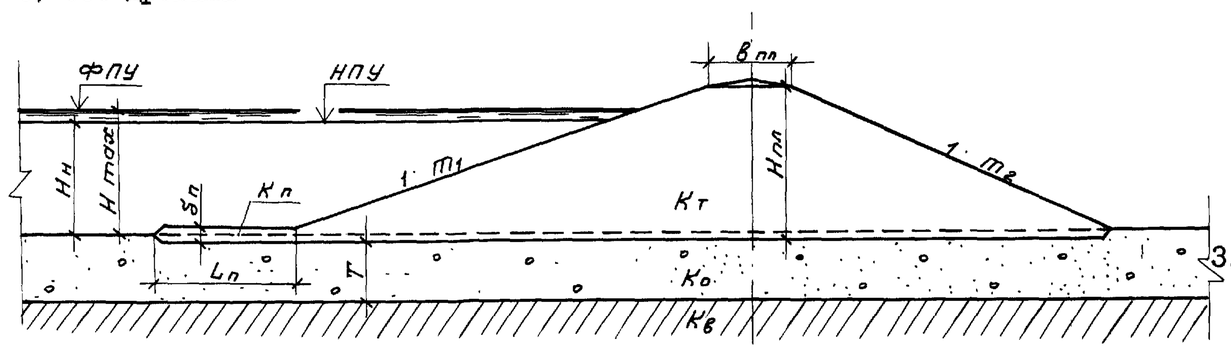



Таблица 3

| $H_{пл}$ м | $H_н$ м | $m_1$ | $m_2$ | Вид дренажа | $q_г = \frac{q}{K_о}$, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | T = 0,5 $H_н$ | | | T = I,5 $H_н$ | | |
| | | | | | $L_п=0$ | $L_п=H_н$ | $L_п=2H_н$ | $L_п=0$ | $L_п=H_н$ | $L_п=2H_н$ |
| 5 | 3,5 | 2,0 | 2,0 | Трубчатый; банкет | 0,26 | 0,22 | 0,22 | 0,52 | 0,52 | 0,52 |
| | | 2,75 | 2,0 | Наслонный; без дренажа | 0,22 | 0,I8 | 0,I8 | 0,52 | 0,52 | 0,52 |
| I0 | 8,0 | 2,0 | 2,0 | Трубчатый; банкет | 0,70 | 0,60 | 0,57 | 2,25 | I,93 | I,80 |
| | | 3,0 | 2,25 | Наслонный; без дренажа | 0,62 | 0,55 | 0,54 | 2,05 | I,75 | I,70 |
| I5 | I3,0 | 2,5 | 2,0 | Трубчатый; банкет | I,60 | I,40 | I,33 | 3,75 | 3,30 | 3,I0 |
| | | 4,0 | 2,75 | Наслонный; без дренажа | I,05 | I,00 | 0,99 | 2,65 | 2,40 | 2,30 |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Высота дренажного банкета $h_{д.б.}$ и положение трубчатого дренажа $l_{др.}$ 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 $q_г$ 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 распластанным контуром (с более пологими откосами и наслонным дренажем или без дренажа). При промежуточных коэффициентах откосов могут быть приняты средние значения $q_г$.

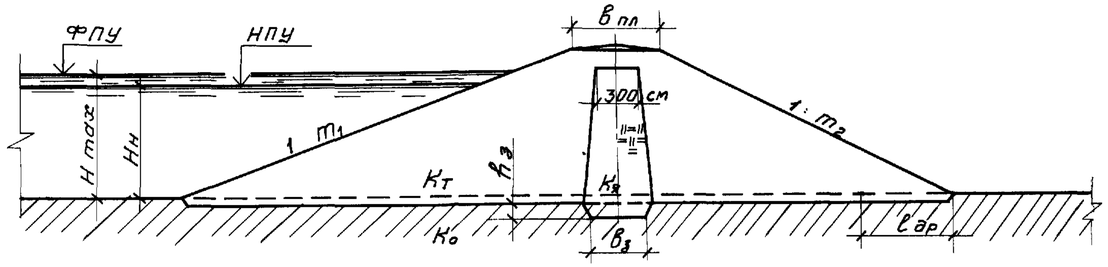
3. Величины $q_г$ определены в лаборатории методом ЭГДА при $\frac{K_о}{K_т} = 200$; $K_п = K_т$ и толщине понура $\delta_п = 0,I\ H_н$, но не менее 0,5 м.

4. Градиенты напора и приведенные фильтрационные расходы при $L_п = 0$ могут быть также определены по приложению 9.

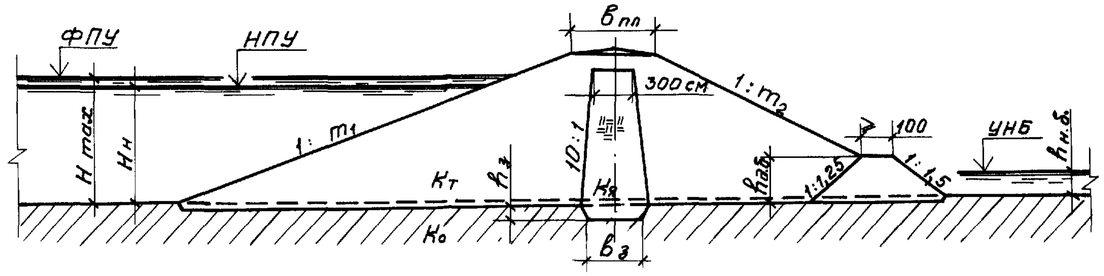
5. Фильтрационные расчеты произведены при $B_{пл} = 4,5$ м.

## 4. Плотины из песка с ядром, располагаемые на водоупоре

а) с трубчатым дренажем




б) с дренажным банкетом




в) с наслонным дренажем

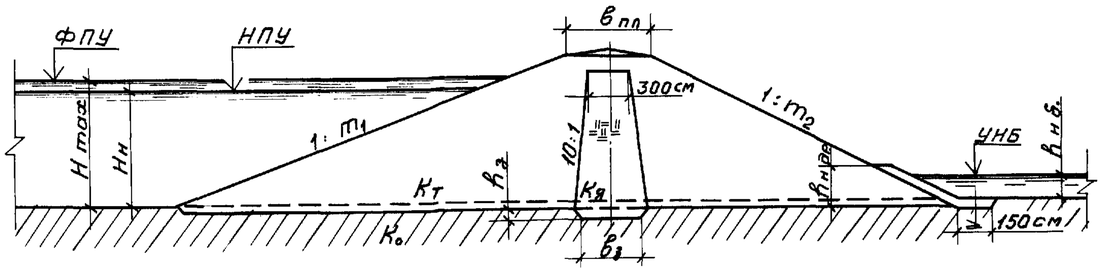



Таблица 4

| $H_{пл.}$ | $H_н$ | $m_1$ | $m_2$ | $h_{н.б.}$ | $l_{др.}$ | $h_{д.б.}$, м при | | $h_{н.др.}$ м | $q_г = \frac{q}{K_т}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $d_f = 1{,}0$м | $d_f = 2{,}0$м | | |
| 5,0 | 3,5 | 2,75 | 2,0 | 0,0 | 5,0 | 0,8 | I,4 | 0,0 | 0,02 |
| | | | | 0,7 | – | I,7 | 2,4 | I,2 | 0,02 |
| I0,0 | 8,0 | 2,75 | 2,0 | 0,0 | 5,0 | 0,9 | I,5 | 0,4 | 0,08 |
| | | | | I,6 | – | 2,6 | 3,3 | 2,I | 0,08 |
| I5,0 | I3,0 | 3,25 | 2,5 | 0,0 | 7,0 | I,0 | I,6 | 0,7 | 0,I8 |
| | | | | 2,6 | – | 3,7 | 4,4 | 3,2 | 0,I8 |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Высота наслонного дренажа $h_{н.др}$ дана из условия расположения его на участке выклинивания кривой депрессии на откос. В случае необходимости защиты откоса от промерзания в пределах выклинивания кривой депрессии высота наслонного дренажа уточняется в каждом частном случае.

2. Приведенные фильтрационные расходы $q_г$ определены при коэффициенте фильтрации $K_о = 0$. Для ориентировочных расчетов данные таблицы 4 используются при $K_о \leq 0{,}0I\ K_т$ и $K_я \leq 0{,}0I\ K_т$.

3. Фильтрационные расчеты произведены при $b_{пл.} = 4{,}5$ м



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

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

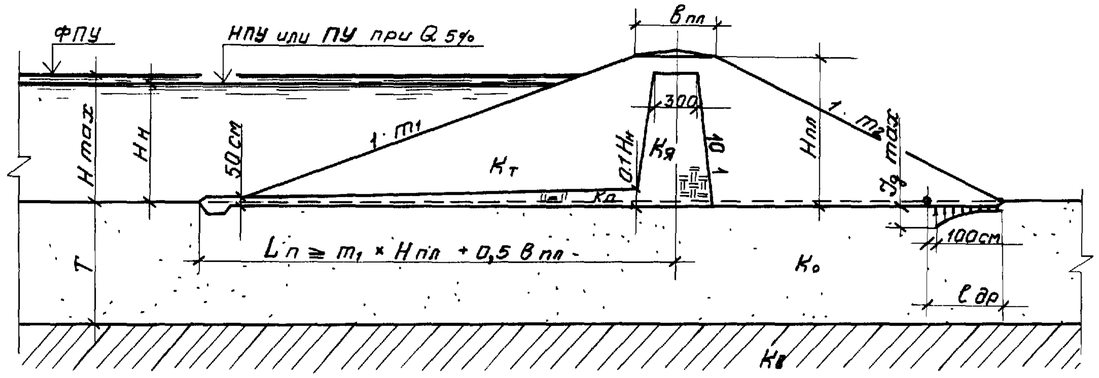



Таблица 5

| $H_{пл}$ м | $H_н$ м | $m_1$ | $m_2$ | T м | $L_п$ м | $\ell_{гр}$ м | $q_г = \frac{q}{K_т}$ | $\gamma_{g\,max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,0 | 3,5 | 2,75 | 2,0 | 4 | I6 | 5,0 | 0,8I | 0,I6 |
| | | | | 6 | I6 | 5,0 | I,08 | 0,I9 |
| I0,0 | 8,0 | 2,75 | 2,0 | 4 | 32 | 5,0 | I,2I | 0,23 |
| | | | | 8 | 32 | 5,0 | I,86 | 0,29 |
| | | | | I2 | 32 | 5,0 | 2,44 | 0,32 |
| I5,0 | I3,0 | 3,25 | 2,5 | 4 | 52 | 7,0 | I,46 | 0,27 |
| | | | | 6 | 52 | 7,0 | I,82 | 0,30 |
| | | | | I2 | 52 | 7,0 | 2,76 | 0,36 |
| | | | | I8 | 52 | 7,0 | 3,62 | 0,40 |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Приведенные фильтрационные расходы даны для условий $K_т = K_о$ ; $K_я = K_п$; $K_я \leq 0,0I\ K_т$; $K_в \leq 0,0I\ K_о$.

2. Фильтрационные расчеты произведены при $B_{пл} = 4,5$ м.

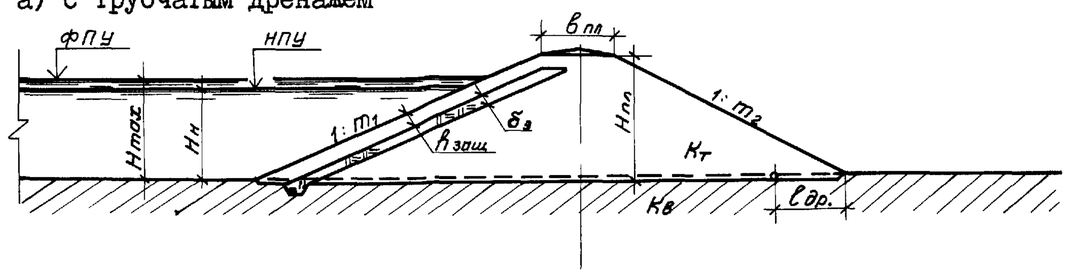
2283/2



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

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

а) с трубчатым дренажем




б) с дренажным банкетом

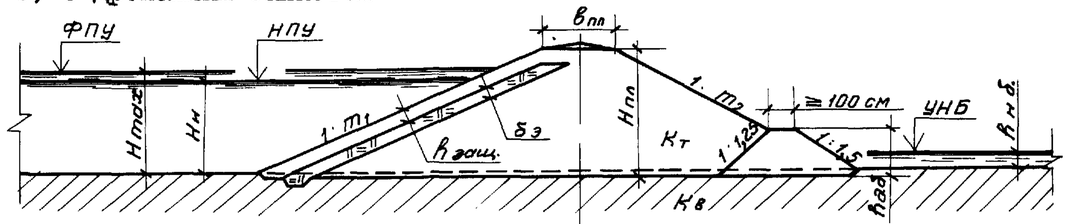
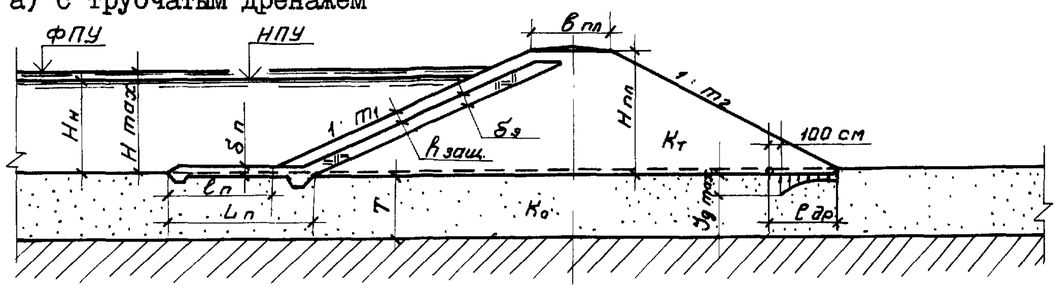



Таблица 6

| $H_{пл.}$ м | $H_н$ м | $m_1$ | $m_2$ | $h_{н.б.}$ м | $\delta_{э.ср.}$ м | $\ell_{др.}$ м | $h_{д.б.}$ м | $q_г = \frac{q}{K_т}$ м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,0 | 3,5 | 2,25 | 2,0 | 0,0 | 0,8 | 3,0 | 0,9 | 0,I5 |
| | | | | 0,7 | | – | I,7 | 0,I5 |
| I0,0 | 8,0 | 2,5 | 2,0 | 0,0 | I,I | 3,5 | I,2 | 0,49 |
| | | | | I,6 | | – | 2,6 | 0,49 |
| I5,0 | I3,0 | 3,25 | 2,25 | 0,0 | I,3 | 5,0 | I,6 | 0,98 |
| | | | | 2,6 | | – | 3,7 | 0,97 |

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

а) с трубчатым дренажем




б) с дренажным банкетом

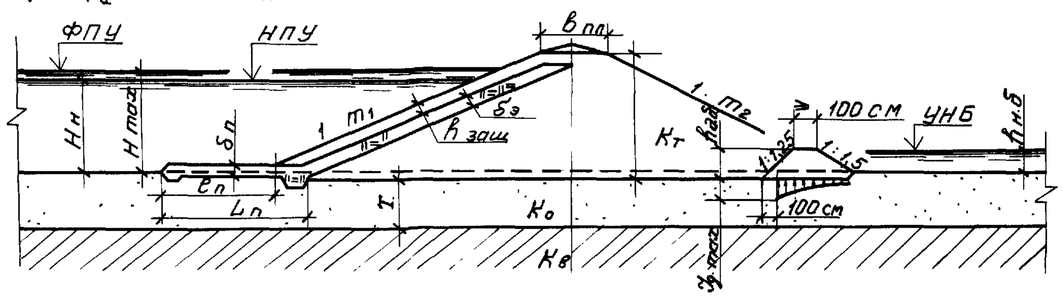



Таблица 7

| $H_{пл}$ м | $H_н$ м | $m_1$ | $m_2$ | $h_{н.б.}$ м | T м | $\delta_{п.ср.}$ м | $\delta_{э.ср}$ м | $\ell_{др}$ м | $h_{д.б.}$ м | $J_{g.max}$ | $q_г = \frac{q}{K_т}$, м при $\ell_п = H$ | $q_г = \frac{q}{K_т}$, м при $\ell_п = 2H$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,0 | 3,5 | 2,25 | 2,0 | 0,0 | 4 | 0,5 | 0,8 | 3,0 | 0,8 | 0,I4 | 0,79 | 0,72 |
| | | | | 0,7 | | | | – | I,8 | – | 0,66 | 0,60 |
| | | | | 0,0 | 6 | | | 3,0 | 0,8 | 0,I7 | I,00 | 0,9I |
| | | | | 0,7 | | | | – | I,8 | – | 0,83 | 0,75 |
| I0,0 | 8,0 | 2,5 | 2,0 | 0,0 | 4 | 0,8 | I,I | 3,0 | 0,8 | 0,I7 | I,28 | I,I8 |
| | | | | I,6 | | | | – | 2,8 | – | I,I8 | I,08 |
| | | | | 0,0 | I2 | | | 3,0 | 0,8 | 0,28 | 2,30 | 2,I0 |
| | | | | I,6 | | | | – | 2,8 | – | 2,02 | I,82 |
| I5,0 | I3,0 | 3,25 | 2,25 | 0,0 | 6 | I,0 | I,3 | 4,0 | I,0 | 0,23 | 2,I3 | 2,02 |
| | | | | 2,6 | | | | – | 4,0 | – | 2,0I | I,90 |
| | | | | 0,0 | I8 | | | 4,0 | I,0 | 0,37 | 3,68 | 3,40 |
| | | | | 2,6 | | | | – | 4,0 | – | 3,28 | 3,02 |

2. Величина $J_{g\,max}$ определена для трубчатого дренажа при $\ell_п = Н_н$.
3. Размеры $\ell_{др.}$, а также $h_{д.б}$ определены для районов с глубиной промерзания $d_f$ = I,0 м.
4. Фильтрационные расчеты произведены при $b_{пл}$ = 4,5 м.

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Приведенные удельные фильтрационные расходы определены для условий:

$$\frac{K_т}{K_э} \geqslant I00 \text{ и } \frac{K_т}{K_в} = I00;\ K_т = K_о.$$



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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

## МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ МЕСТНОЙ (НОРМАЛЬНОЙ) ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВ ТЕЛА И ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ[x)]

I. 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:

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

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);

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 тюфячного дренажей, размеры наслонного 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[xx)]) практически несуффозионными, если их параметры удовлетворяют зависимости:

$$\frac{d_5}{d_{17}} \geqslant N, \qquad (2)$$

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

$\eta$ – коэффициент разнозернистости грунта;

$n$ – пористость (в долях единицы):

$$n = n_0 - 0{,}1 \cdot \lg \eta, \qquad (4)$$

$n_0$ 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,

---

x) Методика составлена в соответствии с "Руководством по расчетам фильтрационной прочности напорных грунтовых сооружений ГАЭС" П93-8I ВНИИГ и "Рекомендациями по расчету противофильтрационных завес и фильтрационной прочности оснований грунтовых плотин" П2I-85 ВНИИГ.

xx) Оценка суффозионности "по геометрическому критерию", то есть без учета гидродинамики фильтрационного потока.



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

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 несуффозионными грунтами.

8. Определение критических градиентов суффозии.

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

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

где $\alpha$ = I5,7 – для окатанных фракций грунта; $\alpha$ = 25,7 – для угловатых фракций грунта;

$\varphi_0$ – коэффициент критической скорости:

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

где $\rho_s$ – плотность частиц грунта;

$\rho_в$ – плотность воды;

$f_*$ – приведенный коэффициент трения:

$$f_* = 0{,}80 - I{,}8n + 0{,}006\eta \, . \qquad (7)$$

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

$$J_{кр.суф} \geq J_{кр.ср.}$$

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

$$J_g \leq \frac{J_{кр.суф.}}{\gamma_n} \quad . \qquad (I\ а)$$

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 $J_g$.

I0. Определение возможности возникновения контактной суффозии.

На контакте двух несуффозионных грунтов, крупнозернистого и мелкозернистого, контактной суффозии не будет наблюдаться при условии:

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

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

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

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

Для предотвращения контактной суффозии 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:

$$J_{кр.конт.} = \frac{1}{\sqrt{\varphi_1}} \cdot \left(2{,}3 + 15 \cdot \frac{d_5}{D_0}\right) \cdot \frac{d_5}{D_0} \cdot \sin\left(30° + \frac{\theta}{8}\right), \qquad (I0)$$

где $D_0$ определяется по формуле (9);

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

$\varphi_1$ = I,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



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

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

б) Контактный размыв глинистых грунтов.

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

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

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

$$D_0^{max} = \varkappa \cdot D_0, \qquad (I2)$$

где $\varkappa$ – коэффициент неравномерности раскладки частиц в грунте; величина $\varkappa$ составляет: для грунтов с коэффициентом разнозернистости $\eta \leqslant 25$

$$\varkappa = I + 0,05\eta; \qquad (I3)$$

для грунтов с $\eta > 25$

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

$D_0$ определяется по формуле (9).

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

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

$$J_{g.конт} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.конт}, \qquad (I\ б)$$

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

При невыполнении неравенства (I б) необходимо предусмотреть соответствующие 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 тюфячного дренажа определяется по формуле:

$$J_{g.вых} = \frac{Q}{K_ф \cdot \omega}, \qquad (I5)$$

где Q – фильтрационный расход на I м длины дренажа ($м^3/с$), ($Q = q_{м^2/с} \cdot 1м$);

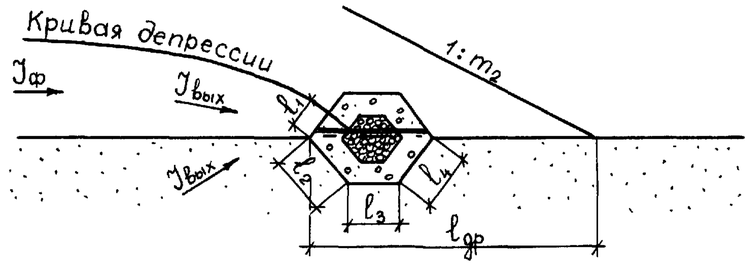
$K_ф$ – коэффициент фильтрации грунта основания или тела плотины (м/с);

$\omega$ – 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:

$$J_{g.вых} \leqslant 0,75 - I,0.$$

x) Формула (II) рекомендована ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева для сооружений II и IУ классов, составлена с учетом допущения отслаивания связного грунта в порах фильтра на величину $0,5 \cdot D_0^{max}$ (см.СНиП 2.06.05-84, п.2.67)

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

После подбора размеров дренажа $\ell_1, \ell_2 \ldots$ положение тюфячного и трубчатого дренажей (расстояние $\ell_{др}$) при необходимости корректируется по условию, чтобы не было промерзания материала обратного фильтра.

I4. Проверка фильтрационной прочности глинистого грунта понура, экрана, ядра, противофильтрационной диафрагмы ("стена в грунте") при числе пластичности грунта $J_p \geqslant 5$ %.

а) Понур

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

$$J_{gn} = \frac{h_o}{\delta_n} \leqslant J_{кр.ср} \cdot \frac{1}{\gamma_n} , \qquad (I6)$$

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

$h_o$ – 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:

$$J_{gn} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр} , \qquad (I7)$$

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

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

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

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

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

Таблица I

| $D_0^{max}$, см $\geqslant$ | 0,I | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,55 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varphi$ | 0,5 | 0,46 | 0,42 | 0,32 | 0,I8 | 0,08 |
| $J_{кр}$ | 66,0 | I6,3 | 6,62 | 3,52 | 2,00 | I,50 |

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

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

б) Экран

Толщина грунтового экрана назначается из условия обеспечения общей фильтрационной прочности:

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

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:

$$J_{gэ} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.} , \qquad (20)$$

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 $D_0^{max} \leqslant 0,2$ см, для экрана из супеси – из грунта с $D_0^{max} \leqslant 0,5$ 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 $D_0^{max} \leqslant 0,2$ см для экрана из глины или суглинка, для экрана из супеси – из грунта с $D_0^{max} \leqslant 0,5$ см.

в) Ядро

Местная фильтрационная прочность грунта ядра при принятых размерах

обеспечивается при условии:

$$\mathcal{I}_я \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot \mathcal{I}_{кр.}\ , \qquad (21)$$

где $\mathcal{I}_я$ – расчетный (максимальный) градиент напора ядра плотины в зоне высачивания фильтрационного потока на уровне воды нижнего бьефа;

$$\mathcal{I}_я \simeq tg\,\alpha_1, \qquad (22)$$

$\alpha_1$ – угол наклона низовой грани ядра к горизонту;

$\mathcal{I}_{кр}$ – местный критический градиент напора, зависящий от зернового состава грунта, отсыпаемого в низовую призму, определяется по формуле (I8).

$\mathcal{D}_0^{max}$, входящее в формулу (I8) – максимальный размер фильтрационных пор грунта низовой призмы плотины.

В типовых материалах для проектирования принято $tg\,\alpha_1 = 10$.

Таким образом, по условию (2I) градиент напора $\mathcal{I}_{кр}$ должен быть более или равен II. Это условие выполняется при $\mathcal{D}_0^{max} \leqslant 0{,}2$ см.

Проверка фильтрационной прочности глинистого грунта ядра при принятых в типовых проектных решениях его размерах сводится к определению величины $\mathcal{D}_0^{max}$ по формуле (I2). При $\mathcal{D}_0^{max} \leqslant 0{,}2$ см фильтрационная прочность ядра обеспечивается.

В противном случае необходимо уменьшить уклон низовой и верховой граней его, т.е.принять такое значение $tg\,\alpha$, чтобы удовлетворялось условие (2I), или выполнить переходный слой фильтра, удовлетворяющий условию $\mathcal{D}_0^{max} \leqslant 0{,}2$ см.

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

Толщина диафрагмы назначается из условия обеспечения общей фильтрационной прочности:

$$\mathcal{I}_{g.g} = \frac{z}{\delta_g} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot \mathcal{I}_{кр.ср}\,, \qquad (23)$$

где $\mathcal{I}_{g.g}$ – действующий градиент напора в диафрагме;

$z$ – напор, действующий на плотину;

$\delta_g$ – толщина диафрагмы;

$\mathcal{I}_{кр.ср}$ – критический средний градиент для грунта противофильтрационной диафрагмы принимается по табл.I7.I.

Местная фильтрационная прочность диафрагмы обеспечивается при условии:

$$\mathcal{I}_{g.g} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot \mathcal{I}_{кр}\,, \qquad (24)$$

где $\mathcal{I}_{кр}$ – местный критический градиент напора для связного грунта диафрагмы, при котором в зависимости от состава грунта основания не будут происходить опасные фильтрационные деформации, определяется по формуле:

$$\mathcal{I}_{кр} = \frac{1{,}69}{(\mathcal{D}_0^{max})^2}\ , \qquad (25)$$

где $\mathcal{D}_0^{max}$ определяется по формуле (I2), причем $\mathcal{D}_0^{max} \leqslant 1{,}3$ см.

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

$$\delta_g' \geqslant \frac{z}{\mathcal{I}_{кр}} \cdot \gamma_n\ . \qquad (26)$$

I5. 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:

$$m_2 > \frac{2}{tg\,\varphi_т}\ . \qquad (27)$$

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

$$\mathcal{I}_g \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot \mathcal{I}_{кр}\,,$$

где $\mathcal{I}_g = \sin\alpha$ – синус угла наклона низового откоса к горизонту, а $\mathcal{I}_{кр}$ определяется по формуле (I0) для песчаных грунтов откоса и по формуле (II) – для глинистых при числе пластичности $\mathcal{I}_p \geqslant 5$ %.

2283/2

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МЕСТНОЙ (НОРМАЛЬНОЙ) ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПЛОТИН

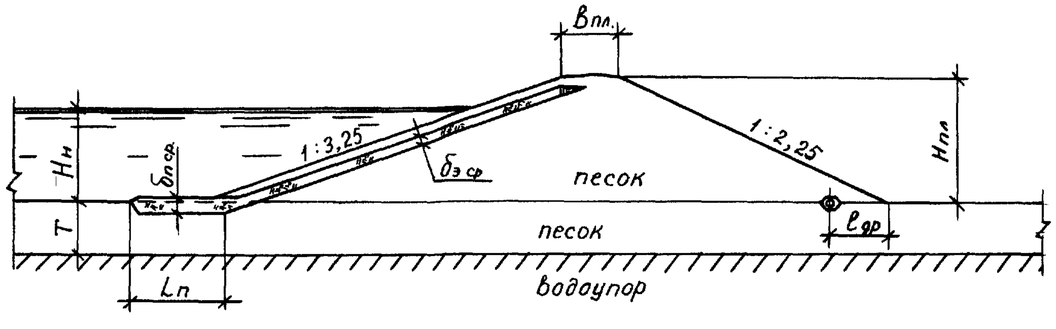
Пример I.

А. Исходные данные

Плотина из песка средней крупности с экраном и понуром из суглинка на песчаном основании.

| | |
|---|---|
| Высота плотины | $H_{пл} = 15{,}0$ м |
| Напор на плотину | $H_{н} = 13{,}0$ м |
| Ширина плотины по гребню | $b_{пл} = 4{,}5$ м |
| Глубина воды в нижнем бьефе | $h_{нб.} = 0$ |
| 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; $\rho_d = 1{,}77 \frac{г}{см^3}$; коэффициент разнозернистости $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 10$; пористость $n = 0{,}33$; коэффициент фильтрации $K_0 = K_т = 0{,}012 \frac{см}{с}$.

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 $J_{g,т} = 0{,}25$,
- градиент напора в основании $J_{g,о} = 0{,}14$,
- максимальный градиент напора в основании за дренажем и при выходе фильтрационного потока в нижний бьеф $J_{g,max} = 0{,}23$ (см.приложение 6, таблица 7),
- градиенты напора в грунте понура и экрана $J_{g.п} \leqslant 10$; $J_{g.э} \leqslant 8$,
- удельный приведенный фильтрационный расход (на I м длины дренажа)

$$q_{ч} = \frac{q}{K_т} = 2{,}1 \text{ м}.$$

В. Расчеты

I. Определение суффозионности грунтов



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

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

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

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

$\frac{0{,}03}{0{,}14} = 0{,}21 < 0{,}38$ – грунт суффозионный.

2. Определение критических градиентов суффозии

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

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

где $\alpha = 15{,}7$

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

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

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

$\varphi_0 = 0{,}4\,(\frac{2{,}61}{1{,}0} - 1) \cdot 0{,}266 = 0{,}17$;

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

3. Проверка на отсутствие суффозии в теле плотины и ее основании

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

Так как $J_{кр.суф.} < J_{кр.ср.}$, для того, чтобы не возникла опасная внутренняя суффозия, действующий градиент напора в плотине и ее основании должен быть менее $\frac{J_{кр.суф.}}{\gamma_n}$.

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

$J_{g.о} = 0{,}14 < 0{,}72.$

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

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

Прочность грунта понура и экрана обеспечиваются при условии:

$$J_{g.n} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.} \quad \text{и} \quad J_{g.э} \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.} \qquad (17, 20)$$

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

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

По формуле (18):

$$J_{кр.} = \frac{1}{\varphi} \cdot \left[\frac{0{,}34}{(\mathcal{D}_0^{max})^2} - 1\right]$$

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

$\mathcal{D}_0 = 0{,}46 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} = 0{,}46 \cdot \sqrt[6]{10} \cdot \frac{0{,}33}{1-0{,}33} \cdot 0{,}14 = 0{,}046$ мм

$\mathcal{D}_0^{max} = \varkappa \cdot \mathcal{D}_0 = (1 + 0{,}05\eta)\,\mathcal{D}_0 = (1 + 0{,}05 \cdot 10) \cdot 0{,}046 = 0{,}07$мм

По п.14 приложения 7 условия (17) и (20) выполняются при $\mathcal{D}_0^{max} \leqslant 0{,}2$ см, а в нашем случае $\mathcal{D}_0^{max} = 0{,}07$ 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): $J_{g.вых} = \frac{Q}{K_ф \cdot \omega} = \frac{q_т \cdot 1}{\omega}$,

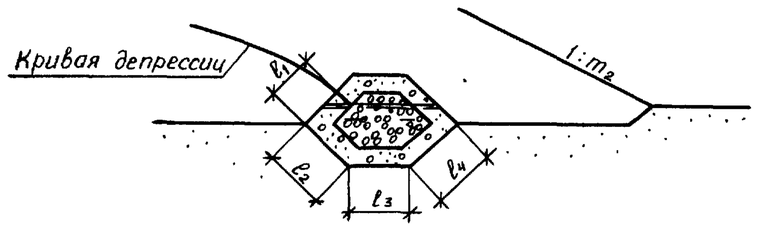
2283/2



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

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

$$\omega = 1 \cdot L = 1 \cdot (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4)$$




Черт.2

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

$$J_{g.вых} \leq \frac{J_{кр.суф.}}{\gamma_n} = 0,72 .$$

Необходимая из условия фильтрационной прочности величина составляет:

$$\omega = \frac{q_г \cdot 1}{J_{g.вых}} = \frac{2,I2 \cdot I}{0,72} = 2,95 \text{ м}^2 .$$

Отдельные размеры дренажной призмы могут быть назначены таким образом, чтобы $\Sigma \ell = L = 2,95$ м.

Положение дренажа ( $\ell_{др.}$ ) корректируется по условию отсутствия промерзания материала обратного фильтра.

6. Проверка на отсутствие суффозии за дренажем

Фильтрационными расчетами определяется действующий градиент напора за дренажем $J_{g.max} = 0,23$. Суффозия отсутствует, так как

$J_{кр.} = 0,30$ (см.п.I7.2.6)

Пример 2

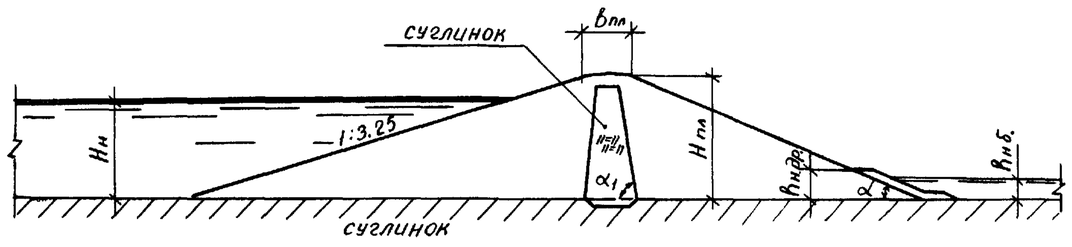
А. Исходные данные:

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Высота плотины | $H_{пл}$ | = | I5,0 м |
| Напор на плотину | $H_н$ | = | I3,0 м |
| Ширина плотины по гребню | $b_{пл}$ | = | 4,5 м |
| Глубина воды в нижнем бьефе | $h_{н.б.}$ | = | 2,6 м |

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

Схема плотины




Черт.3

Характеристика грунта тела плотины: $\varphi_т = 30^o$; $C_т = 0$; $d_{min} = 0,0I$мм $d_5 = 0,03$ мм; $d_{I0} = 0,I0$ мм; $d_{I7} = 0,I4$ мм; $d_{60} = I,0$ мм; $d_{max} = 3,0$ мм; $\rho_d = I,77 \frac{г}{см^3}$; коэффициент разнозернистости $\eta_т = \frac{d_{60}}{d_{I0}} = I0$; пористость $n_т = 0,33$; коэффициент фильтрации $K_т = 0,0I2 \frac{см}{с}$ .

Характеристики грунта основания: $\varphi_o = 22^o$; $C_o = I5$ кПа; $\rho_o = I,8 \frac{г}{см^3}$; пористость $n_o = 0,37$; коэффициент фильтрации $K_o = 0,000I \frac{см}{с}$ ; число пластичности $J_p = 8$ %.

Грунт ядра – суглинок, аналогичный грунту основания.

2283/2



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

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, $h_{выс.} = 3{,}0$ м.
- градиент выхода фильтрационного потока на низовой откос плотины $J_{g.o} = \sin\alpha = 0{,}37$.

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 $\frac{J_{кр.суф.}}{\gamma_n} = 0{,}72$.

$J_{g.т} = 0{,}020$.

$$J_{g.т} \leqslant \frac{J_{кр.суф.}}{\gamma_n}$$

Суффозия в теле плотины отсутствует.

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

Прочность грунта ядра обеспечивается при условии

$$J_я \leqslant \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{кр.}, \qquad (2I)$$

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

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

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

В соответствии с п.I4 б приложения 7 условие (2I) выполняется при $\mathcal{D}_o^{max} \leqslant 0{,}2$ см. В рассматриваемом случае $\mathcal{D}_o^{max} = 0{,}07$, 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 условие $m_2 > \frac{2}{\operatorname{tg}\varphi_т}$, где $\varphi_т$ - угол внутреннего трения грунта.

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

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

Пример 3

А. Исходные данные

Плотина из песка средней крупности на основании из суглинка.



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

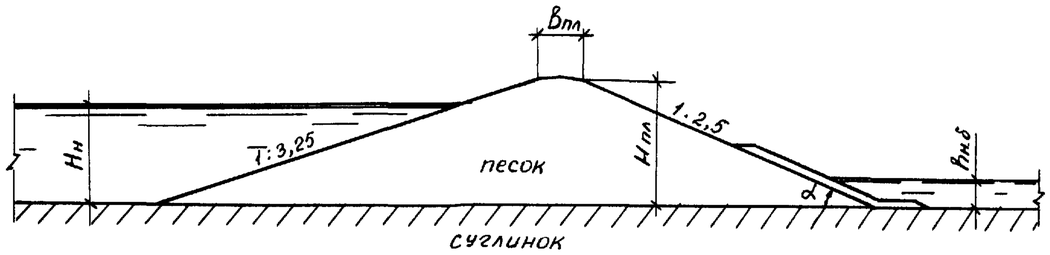
Высота плотины $H_{пл}$ = I5 м

Напор на плотину $H_{н}$ = I3 м

Ширина плотины по гребню $b_{пл}$ = 4,5 м

Глубина воды в нижнем бьефе $h_{н.б.}$ = 2,6 м

Дренаж наслонный устраивается в пределах выклинивания кривой депрессии на откос.




Черт.4

Характеристики грунта тела плотины: $\varphi_т = 32^0$; $C_т = 0$;
$d_{min} = 0,09$ мм; $d_5 = 0,II$ мм; $d_{I0} = 0,I4$ мм; $d_{I7} = 0,I75$; $d_{60} = 0,6$ мм;
$d_{max} = 2,0$ мм; $n_т = 0,34$; $\rho_{d.т} = I,8 \frac{г}{см^3}$; $\eta_т = \frac{d_{60}}{d_{I0}} = 4,3$; $K_т = 0,0I \frac{см}{с}$.

Характеристики грунта основания: $\varphi_о = 22^0$; $C_о = I5$ кПа; $n_о = 0,34$;
$\rho_о = I,8 \frac{г}{см^3}$; $K_о = I0^{-4} \frac{см}{с}$; $J_р = 8$ %.

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 $J_{g.т} = 0,25$,
- градиент напора в основании плотины $J_{g.о} = J_{g.т}$,
- градиент выхода фильтрационного потока на низовой откос $J_о = \sin\alpha = 0,37$.

В. Расчеты

I. Определение суффозионности грунта тела плотины.

Песчаные грунты следует считать несуффозионными, если удовлетворяется условие (2): $\frac{d_5}{d_{I7}} \geqslant N$,

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

$\frac{0,II}{0,I75} = 0,63 > 0,4I$ – грунт несуффозионный.

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 $J_р \geqslant 5$ % и крупнозернистого грунта определяется по формуле:

$$J_{кр.конт.} = \frac{I,35}{\sqrt{\mathcal{D}_o^{max}}} - I, \qquad (II)$$

где $\mathcal{D}_o^{max} = \varkappa \cdot \mathcal{D}_o$;

$\varkappa = I + 0,05\eta = I + 0,05 \cdot 4,3 = I,2I$;

$\mathcal{D}_o = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} = 0,46 \cdot \sqrt[6]{4,3} \cdot \frac{0,34}{I-0,34} \cdot 0,I75 = 0,05$ мм;

$\mathcal{D}_o^{max} = I,2I \cdot 0,05 = 0,006$ см;

$J_{кр.конт.} = \frac{I,35}{\sqrt{0,006}} - I = I6,3.$



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

Отсутствие размыва по подошве плотины обеспечивается при условии:

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

$$0,25 \leqslant \frac{I}{I,I} \cdot I6,3 = I4,8.$$

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:

$$m_2 > \frac{2}{tg\,\varphi_т};$$

$$\frac{2}{tg\,\varphi_т} = \frac{2}{tg\,32^0} = 3,2 > m_2 = 2,5.$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

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

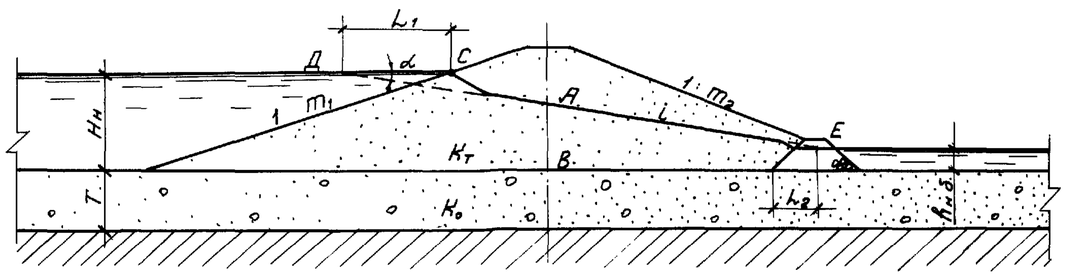
Приводимые ниже расчетные зависимости могут быть использованы при выполнении следующего условия:

$$\frac{K_0 T}{K_T H_н} > 10.$$

Удельный фильтрационный расход в теле и основании плотины при наличии трубчатого, тюфячного дренажа или банкета[x]):

$$q_0 = K_0 T \cdot i ,$$

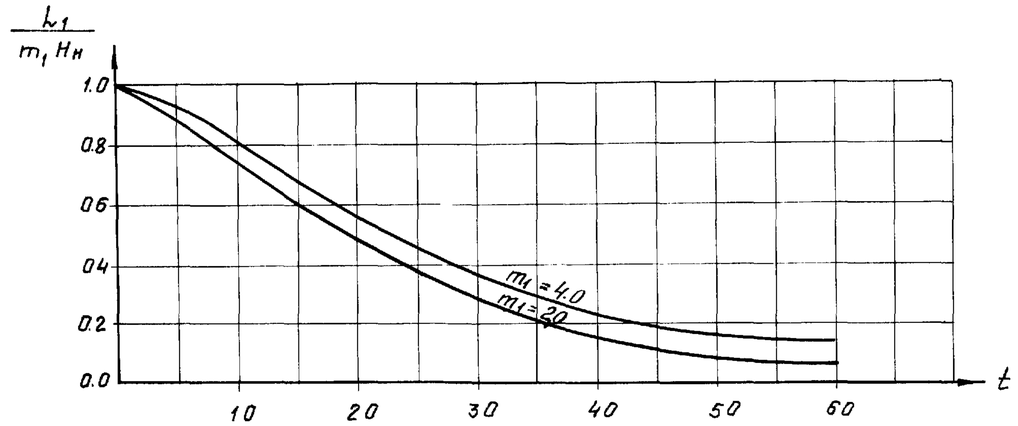
где $i$ – уклон прямой ДАЕ (см.черт.I), $i = tg\,\alpha$




Черт.I

$L_2 = 0{,}44T$.

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




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 $J_{конт.}$ по контакту плотины с основанием

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

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

$$J_{взв.} = \frac{i}{\sqrt{e^{\frac{\pi}{T}\ell} - 1}} ,$$

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

---

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

ПРИЛОЖЕНИЕ IO

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

Предлагаемая методика[x)] применима для мелких песков, кривые зернового состава которых вписываются в зону, указанную на черт.IO.I 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:

$$a_p \leqslant 0{,}6 \cdot a_{кр.с}; \qquad (I)$$

$$a_p \leqslant I{,}2 \cdot a_{кр.о}, \qquad (2)$$

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 (I) и (2).

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

- коэффициент откоса $m_1 = 2{,}5 \ldots 4{,}0$;
- толщина крепления $\delta = 0{,}I0 \ldots 0{,}20$ м;
- расчетная высота ветровой волны $h_{I\%} \leqslant I{,}5$ м;
- пологость волны $\frac{\lambda}{h_{I\%}} = 8 \ldots 20$.

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

$$\frac{3\pi \cdot E_г \cdot b_{зл} \cdot (1-\nu^2_{ж.б.})}{E_{ж.б} \cdot \delta^3 \cdot (1-\nu^2_г)} \geqslant I0, \qquad (3)$$

где $E_г$ – модуль деформации мелкого песка, слагающего откос,

$$E_г = 4 \cdot I0^3 \ \frac{тс}{м^2};$$

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

$$E_{ж.б.} = 2{,}35 \cdot I0^6 \ \frac{тс}{м^2};$$

x) Методика составлена в соответствии с "Руководством по проектированию береговых укреплений на внутренних водоемах" Гипрокоммунстрой. М.I984 г.

2283/2

$\gamma_г$ – коэффициент Пуассона мелкого песка, $\gamma_г = 0,3$;

$\gamma_{ж.б.}$ – коэффициент Пуассона железобетона, $\gamma_{ж.б.} = 0,2$;

$\delta$ – толщина плиты, м;

$b_{зл}$ – 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:

$$a_р = S_0 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot a_{граф.} \cdot n^3 \cdot e^{-0,4 \cdot \varkappa}, \quad м/с^2 \qquad (4)$$

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

$\tau_1$ – коэффициент, учитывающий распределение ударного импульса вдоль откоса в направлении уреза воды, определяется по табл.2;

$\tau_2$ – коэффициент, учитывающий изменение ударного импульса в зависимости от угла подхода ($\theta$) волны к откосу, приводится в табл.3;

$e$ – основание натуральных логарифмов;

$\varkappa$ – толщина подстилающей прослойки между креплением и откосом, сложенным мелким песком, м;

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

$n$ – поправочный коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = I,35 \cdot \sqrt{K_I}; \qquad (5)$$

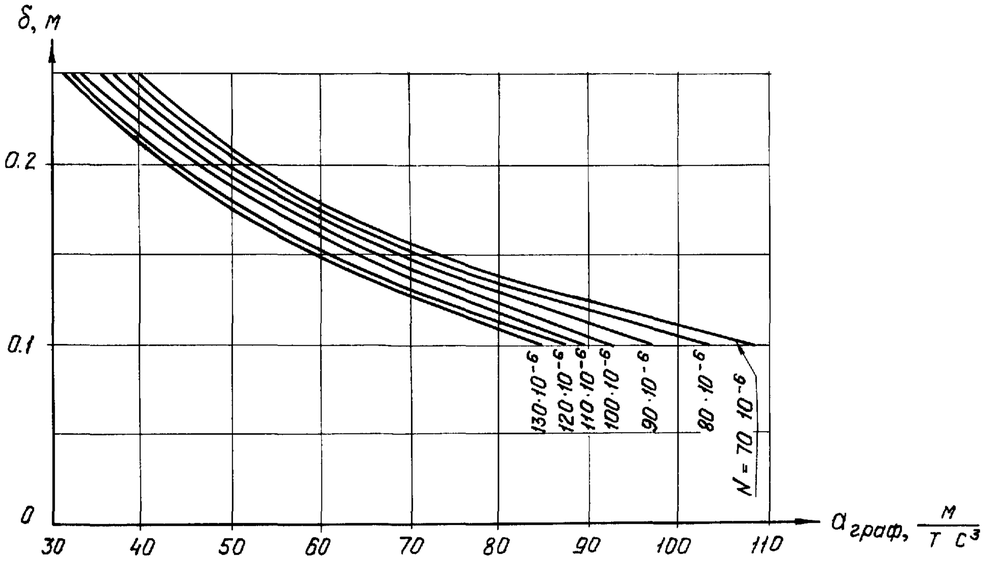
$K_I$ – средневзвешенное значение коэффициента затухания колебаний для подплитной толщи грунта $t'_г$, колеблющейся совместно с железобетонной плитой.

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

$$K_1 = \frac{K_ф \cdot t_ф + K_п \cdot t_п + K_г \cdot t_г}{t_ф + t_п + t_г}, \qquad (6)$$

где $K_ф$, $K_п$, $K_г$ – соответственно коэффициенты затухания колебаний в обратном фильтре, подушке из песка крупного или средней крупности и в вовлекаемой в колебания толще мелкого песка;

$t_ф, t_п, t_г$ – соответственно толщины обратного фильтра, подушки из песка крупного или средней крупности и мелкого песка, вовлекаемого в колебания, м.




Черт 1

Толщина обратного фильтра $t_ф$ определяется соответствующими расчетами (см.методику по проектированию обратных фильтров под верховыми откосами плотин), толщина подушки из песка крупного или средней крупности $t_п$ 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



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

вида грунта принимаются:

- для песков мелких – $К_г$ = 0,5 ...0,6;
- для песков крупных и средней крупности – $К_п$ = 0,45 ...0,55;
- для щебня, гравия – $К_щ$ = 0,35 ...0,45;
- для обратного фильтра – $К_ф$ = 0,4 ...0,5.

Общая толща колеблющегося подплитного слоя определяется по формуле:

$$t'_г = \frac{I,6}{К_I}, м. \quad (7)$$

Толща вовлекаемого в колебания мелкого песка определяется по формуле:

$$t_г = t'_г - (t_ф + t_п), м. \quad (8)$$

Толщина прослойки между креплением и откосом определяется по зависимости:

$$z = t_ф + t_п, м. \quad (9)$$

Показатель $N$ находится по формуле:

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

где $E_I$ – средневзвешенное значение модуля деформации колеблющейся подплитной толщи грунта $t'_г$, $\frac{тс}{м^2}$ – определяется в общем виде по формуле:

$$E_1 = \frac{E_ф \cdot t_ф + E_п \cdot t_п + E_г \cdot t_г}{t_ф + t_п + t_г}. \quad (11)$$

Принятые значения модуля деформации грунтов:

- песка мелкого водонасыщенного – $4 \cdot I0^3 \frac{тс}{м^2}$;
- песка средней крупности и крупного – $5 \cdot I0^3 \frac{тс}{м^2}$;
- обратного фильтра толщиной 0,2 ...0,4 м по песку мелкому водонасыщенному – $4 \cdot I0^3 \frac{тс}{м^2}$

Таблица I

| Пологость волны $\frac{\lambda}{h_{1\%}}$ | Глубина воды у сооружения $H_н$, м | Ударный импульс $S_o$, при высоте волны $h_{I\%}$, 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 |
| 3 | 5 ...I5 | 0,0046 | – | – | 0,0096 | – | – |
| 8 | 5 ...I5 | – | 0,0046 | 0,0044 | – | 0,0I | 0,0092 |
| I0 | 5 ...I5 | 0,0048 | 0,0048 | 0,0046 | 0,0I07 | 0,0I07 | 0,0I02 |
| I2 | 5 | 0,005 | 0,005 | 0,0048 | 0,0II0 | 0,0II0 | 0,0I02 |
| | 8 ...I5 | 0,005 | 0,005 | 0,0048 | 0,0III | 0,0II0 | 0,0I06 |
| I5 | 5 | 0,0052 | 0,005I | 0,005 | 0,0II2 | 0,0III | 0,0I09 |
| | 8 | 0,0052 | 0,0052 | 0,005 | 0,0II4 | 0,0II3 | 0,0II0 |
| | I0 ...I5 | 0,0052 | 0,0052 | 0,005 | 0,0II4 | 0,0II4 | 0,0II0 |
| 20 | 5 | 0,0055 | 0,0055 | 0,0052 | 0,0I2I | 0,0I20 | 0,0II6 |
| | 8 ...I5 | 0,0055 | 0,0055 | 0,0052 | 0,0I22 | 0,0I2I | 0,0II6 |

Таблица 2

| Сторона плиты в направлении уреза воды $l_{зл}$, м | I0 | I2 | I4 | I6 | I8 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\eta_1$ | 0,97 | 0,94 | 0,9I | 0,88 | 0,84 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,7I | 0,68 | 0,66 | 0,64 |

Таблица 3

| Высота волны $h_{1\%}$, м | $\eta_2$ при угле подхода волны θ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 |

Продолжение табл.3

| Высота волны $h_{I\%}$, м | $\eta_2$ при угле подхода волны θ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° |
| I,5 | 0,66 | 0,7I | 0,76 | 0,8I | 0,86 | 0,9I | 0,95 | I |

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

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

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

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

$C_2$ – коэффициент пропорциональности; $C_2 = 0{,}I8\ \frac{м^3}{тс^2}$;

$a_o$ – критическое ускорение колебаний песка по условию осадки в одномерной задаче при вертикальном приложении возмущающей силы и отсутствии внешней пригрузки на грунт, $м/с^2$.

Для назначения величины критического ускорения мелких песков $a_0$ использованы данные исследований 37-ми разновидностей мелких песков, проведенных ЛИСИ,[x] и I3-ти разновидностей песков, исследованных ЦНИИС.[xx]

На графике, помещенном в пояснительной записке, черт.I0.I, представлены огибающие кривых гранулометрического состава исследованных мелких песков, имеющих критическое ускорение $a_0 = 0{,}4\ м/с^2$ при относительной плотности их $\mathcal{D} = 0{,}6$, 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;

$$P = \frac{0{,}67\, P_{н.max} \cdot \eta_2}{\eta_3} + \left[(\rho_{ж.б.} - \rho_в) \cdot \delta + \rho_г \cdot z\right] \cdot \cos\beta,\quad тс/м^2; \qquad (I3)$$

$P_{н.max}$ – максимальная ордината давления при навале волны на плиту и фронтальном подходе волны к откосу, $тс/м^2$, определяется по таблице 5.

Таблица 5

| Полость волны $\lambda/h_{I\%}$ | Глубина воды у сооружения $H_н$, м | Давление навала волны $P_н$ макс., $тс/м^2$ при высоте волны $h_{I\%}$, 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 | I,7I | I,8I | I,9I | 2,56 | 2,58 | 2,76 |
| | 8 ...I5 | I,7I | I,8I | I,9I | 2,56 | 2,70 | 2,77 |
| I0 | 5 | I,7I | I,82 | I,92 | 2,56 | 2,67 | 2,80 |
| | 8 ...I5 | I,72 | I,82 | I,92 | 2,57 | 2,7I | 2,82 |
| I2 | 5 | I,72 | I,82 | I,95 | 2,58 | 2,67 | 2,82 |
| | 8 | I,73 | I,83 | I,95 | 2,59 | 2,72 | 2,85 |
| | I0 ...I5 | I,73 | I,83 | I,95 | 2,59 | 2,72 | 2,86 |

x) Отчет: "Результаты научных исследований по установлению величины критического ускорения колебаний применительно к мелким пескам", составленный на кафедре "Основания, фундаменты и механика грунтов", ЛИСИ, I974 г.

xx) "Методические указания по расчету устойчивости плит откосных креплений и подстилающего песчаного слоя на воздействие волн" ВНИИ Транспортного строительства. М I968 г.

Продолжение табл.5

| Полого-гость волны $\lambda/h_{I\%}$ | Глубина воды у сооружения $H_н$ м | Давление навала волны $P_н$ макс, тс/м$^2$ при высоте волны $h_{I\%}$, 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 |
| I5 | 5 | I,76 | I,87 | 2,00 | 2,62 | 2,76 | 2,89 |
| | 8 | I,77 | I,88 | 2,02 | 2,64 | 2,78 | 2,92 |
| | I0 ...I5 | I,77 | I,88 | 2,02 | 2,65 | 2,79 | 2,96 |
| 20 | 5 | I,86 | I,97 | 2,I2 | 2,73 | 2,88 | 3,05 |
| | 8 | I,87 | I,98 | 2,I3 | 2,74 | 2,90 | 3,08 |
| | I0 | I,87 | I,99 | 2,I3 | 2,74 | 2,90 | 3,II |
| | I5 | I,87 | I,99 | 2,I3 | 2,74 | 2,90 | 3,I3 |

$\rho_{ж.б.}$ – плотность материала плиты, т/м$^3$;

$\rho_в$ – плотность воды, $\frac{т}{м^3}$;

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

$$\rho_{ж.б.} = 2,5 \ \frac{т}{м^3}; \qquad \rho_в = I \ \frac{т}{м^3}; \qquad \rho_г = I \ \frac{т}{м^3};$$

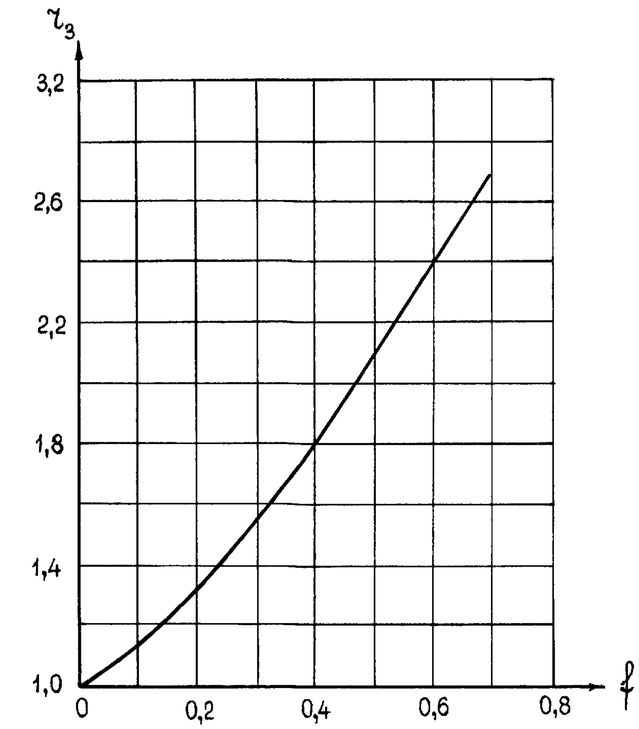
$\eta_3$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние упругих свойств материала плиты и подстилающего слоя на возникающие от волновой нагрузки давления в грунте, определяется по графику черт.2 в зависимости от показателя $f$ ;

$$f = \frac{\delta}{\eta_2 \cdot h_{1\%}} \cdot \sqrt{\frac{E_{ж.б.}}{12 \cdot E_1}}. \qquad (I4)$$

Значения величин I,2 · $a_{кр.о}$ приведены на графике черт.3 – 8.

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

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




Черт.2

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

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

$$\rho_s = 2,65 \ \frac{т}{м^3}; \qquad \rho_в = I \ \frac{т}{м^3};$$

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

| $\varphi$, град | $a_{кр.с}$, $\frac{м}{с^2}$ при $m_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4 |
| 28 | I,4I | 2,I6 | 2,72 | 3,I4 |
| 30 | I,74 | 2,48 | 2,96 | 3,36 |
| 3I | 2,00 | 2,62 | 3,08 | 3,46 |
| 32 | 2,04 | 2,7I | 3,I8 | 3,56 |

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

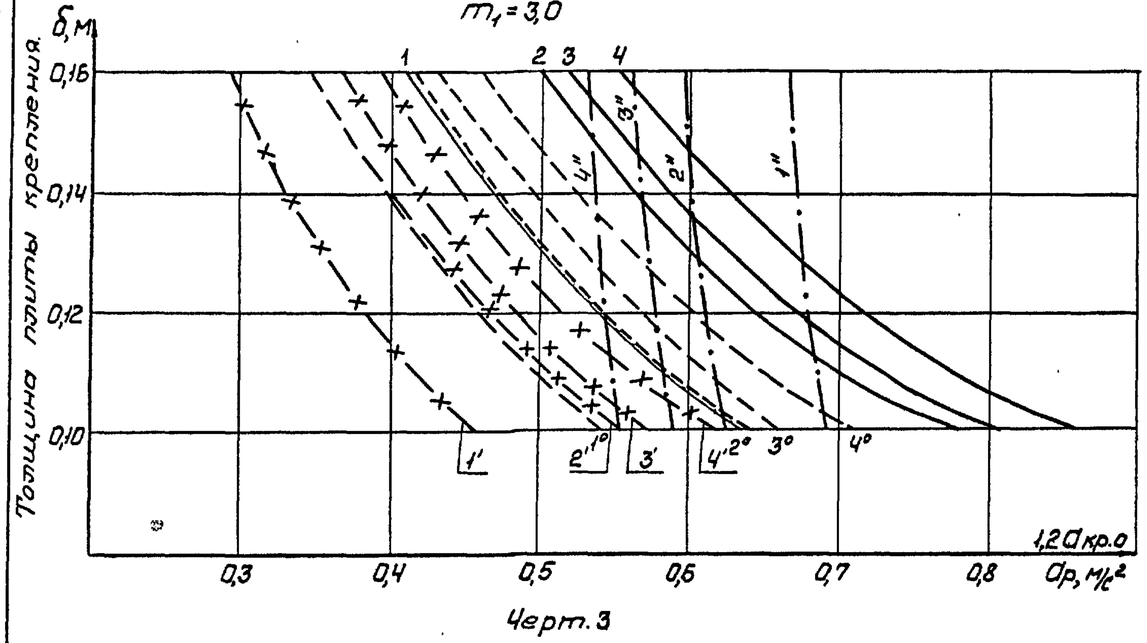
$a_р \leqslant 0,6 \times a_{кр,с}$ (I) и $a_р \leqslant I,2 \times a_{кр.о}$ (2)

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

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

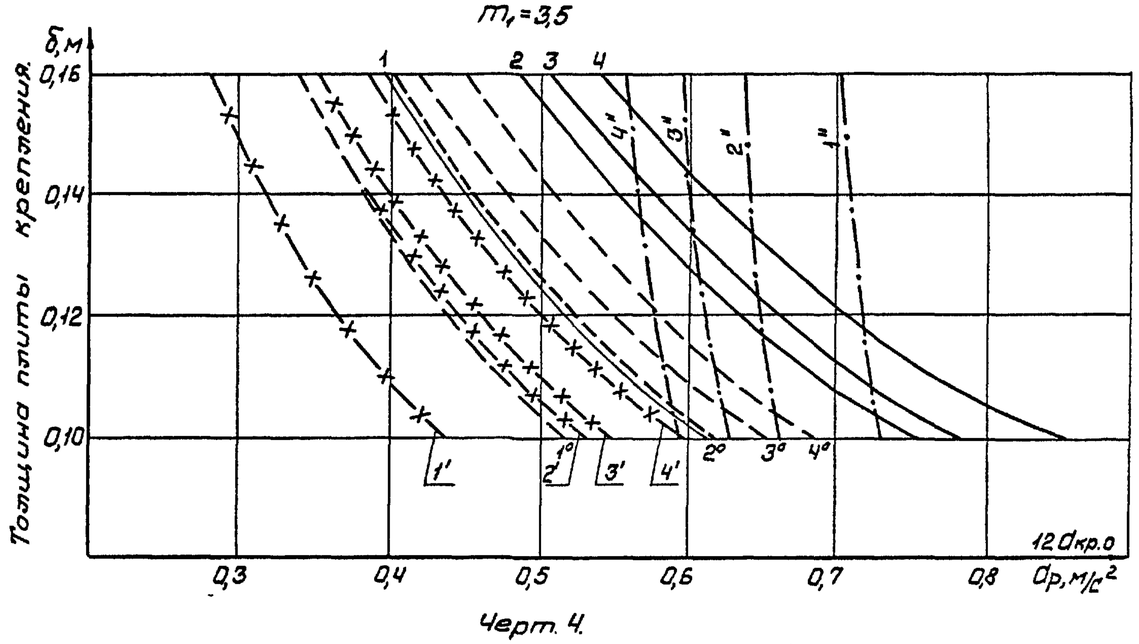
## 1. Крепление из сборных железобетонных плит, омоноличенных в секции.

$m_1 = 3,0$



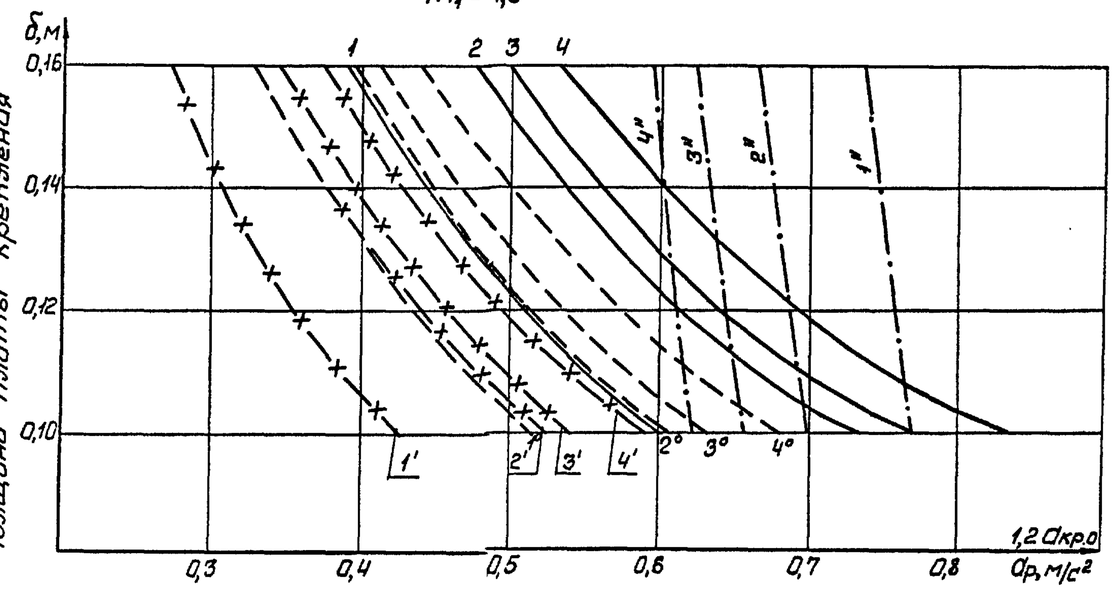

Черт. 3

$m_1 = 3,5$




Черт. 4

$m_1 = 4,0$




Черт. 5

1,1°,1',1'' - Плиты на обратном фильтре $t_ф = 0,2$м по песчаной подушке толщиной 0,8м.

2,2°,2',2'' - Плиты на обратном фильтре $t_ф = 0,2$м по песчаной подушке толщиной 0,4м.

3,3°,3',3'' - Плиты на обратном фильтре $t_ф = 0,4$м.

4,4°,4',4'' - Плиты на обратном фильтре $t_ф = 0,2$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.

—·— - Минимальное критические ускорения колебаний мелкого песка 1,2 dкр.о.

$l_{sl}$ - Размер плиты вдоль уреза воды.

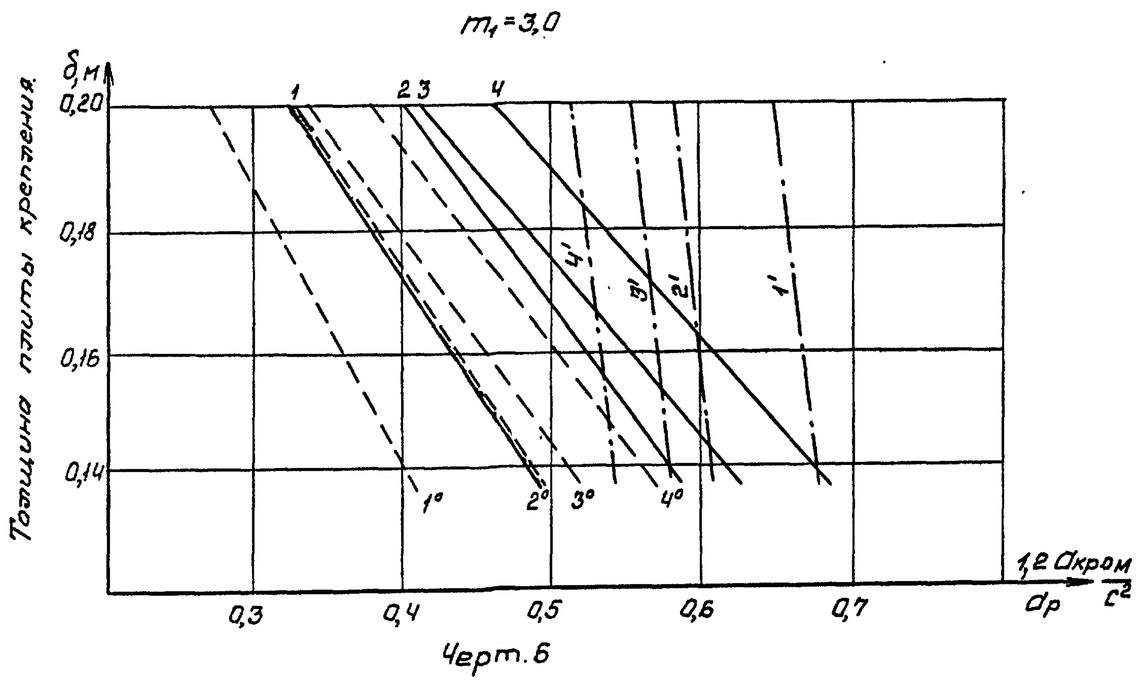
2283/2



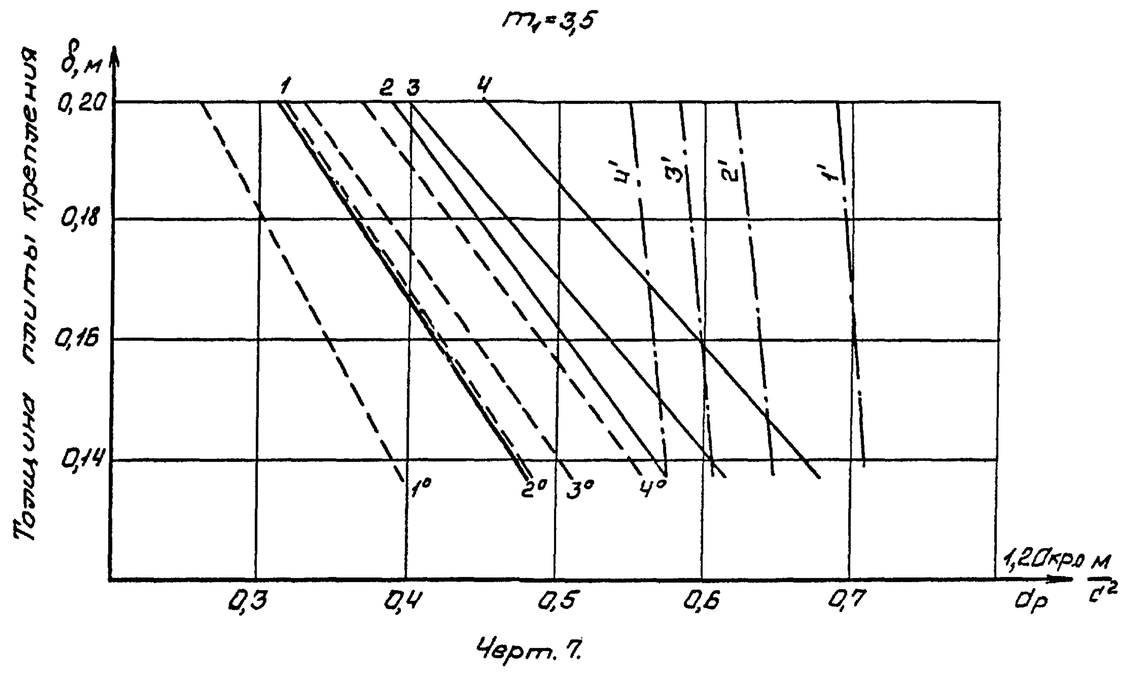
Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Копировал

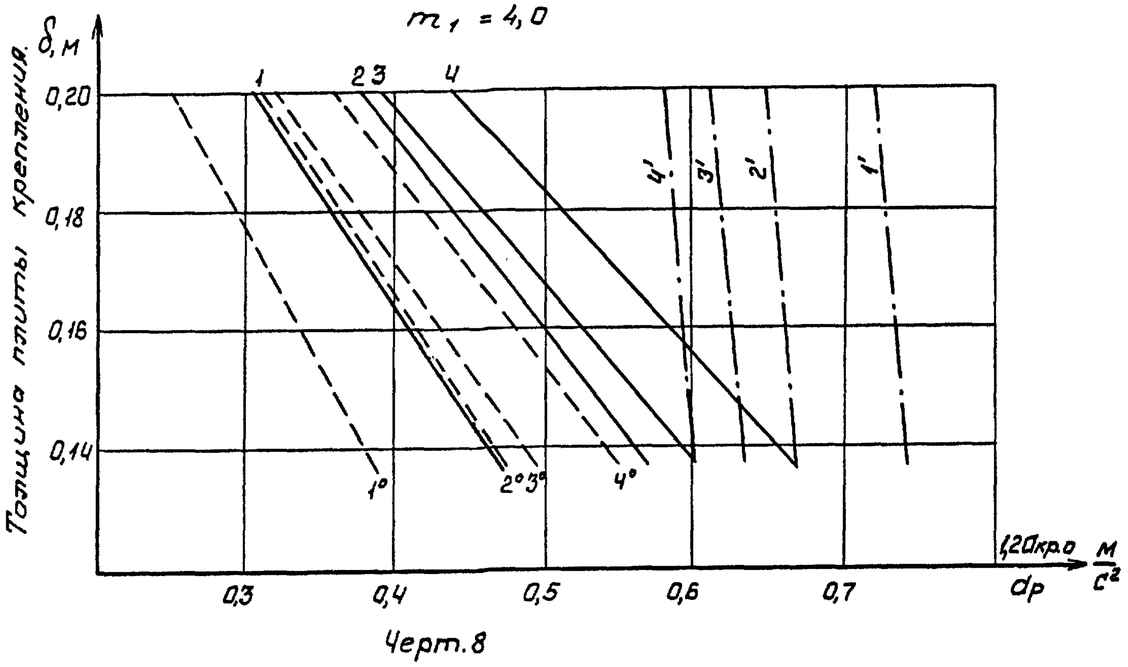
## 2. Крепление из монолитного железобетона.




Черт. 6




Черт. 7.




Черт. 8

1, 1°, 1' - плиты на песчаной подушке толщиной 1,0м.

2, 2°, 2' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,6м.

3, 3°, 3' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,4м.

4, 4°, 4' - плиты на песчаной подушке толщиной 0,2м.

—— - максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка $d_p$ при $l_{sl}$=10,0м.

– – - максимальные расчетные ускорения колебаний мелкого песка $d_p$ при $l_{sl}$=20,0м.

—·— - минимальные критические ускорения колебаний мелкого песка 1,2Окр.о.

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

2283/2



Копировал.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

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

I. Определяются нагрузки на плиты крепления от воздействия примерзшего ледяного покрова при изменении уровня воды: изгибающий момент $M_л$ и вертикальная нагрузка $F_d$ . Расчет производится в соответствии со СНиП 2.06.04-82 "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" (пп.5.I2 и 5.I3).

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

$$M_{пл} = M_I \pm M_2^{x)} + M_З, \text{ Нм} \qquad (I)$$

где $M_I$ – максимальный изгибающий момент в плите в Нм от действия $M_л$, определяемый по формуле (2) с учетом жесткости примерзшего льда;

$M_2^{x)}$ – максимальный изгибающий момент в плите в Нм от нормальной составляющей вертикальной силы $P_н = F_d \cdot \cos \alpha$ , определяемый из расчета плиты как полосы на упругом основании без учета увеличения жесткости за счет примерзшего льда;

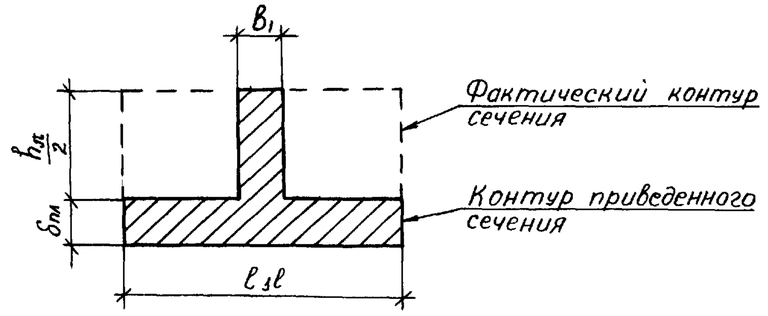
$M_З$ – изгибающий момент в Нм от действия собственного веса плиты, определяемый также из расчета плиты как полосы на упругом основании без учета увеличения жесткости за счет примерзшего льда.

3. Максимальный изгибающий момент $M_I$ определяется по формуле:

$$M_I = \frac{M_л \cdot J_{пл}}{J_{пл} \cdot J_{пр}}, \qquad (2)$$

где $J_{пл}$ – момент инерции сечения плиты в $м^4$;

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




Черт.I

На черт.I:

$\delta_{пл}$ – толщина плиты в м;

$h_{max}$ – расчетная толщина льда в м;

$\ell_{sl}$ – ширина расчетного сечения плиты, принимаемая равной I м;

$$b_I = \ell_{sl} \cdot \frac{E_л}{E_{ж.б.}};$$

$E_л$ – модуль упругости льда, принимаемый равным 4000 МПа (40000 кгс/$см^2$);

$E_{ж.б.}$ – модуль упругости железобетона.

x) Изгибающий момент $M_2$ принимается со знаком + при понижении уровня воды и со знаком – при повышении уровня воды.

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 естественном залегании | + | – |
| Коэффициент фильтрации грунта, уплотненного до проектной плотности | – | + |
| Угол внутреннего трения в естественном залегании | + | – |
| Угол внутреннего трения грунта тела плотины при проектной плотности | – | + |
| Удельное сцепление грунта в естественном залегании | + | – |
| Удельное сцепление грунта тела плотины при проектной плотности | – | + |
| Коэффициент пористости в естественном залегании | + | + |
| Коэффициент пористости грунта, уплотненного до максимальной плотности | – | + |
| Максимальный коэффициент уплотнения глинистого грунта | + | – |
| Содержание в грунте водорастворимых солей, органических примесей и степень их разложения | + | + |
| Коэффициент консолидации (наименьший) | + | |

ПРИМЕЧАНИЯ:
1. Характеристики грунтов устанавливаются в соответствии с указаниями глав СНиПа по инженерным изысканиям для строительства и по проектированию оснований гидротехнических сооружений, а также другими нормативными документами.
2. Знаком + отмечены характеристики, подлежащие определению.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ I3

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

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" П37-75. ВНИИГ

I. 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:

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

для пневмокатков $\sigma_{max}=1{,}44\ \frac{P_к}{П^2}$, Па (2)

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

Р – радиус вальца катка, м;

$E_0$ – модуль деформации грунта, Па.

Для глинистых грунтов оптимальной влажности $E_0$ принимается равным I50 ...200 · $10^5$ Па;

$P_к$ – общая нагрузка на колесо, Н;

П – ширина протектора шины, равная (0,7 ...0,8) ·В, м;

В – ширина профиля шины, м;

I,44 – коэффициент, учитывающий эллипсовидность площади контакта колеса с поверхностью уплотненного грунта.

Значения $q$ и $R$ принимаются по таблице I, значения Р, П и В – по таблице 2.

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

$$\rho_{d\,opt}=\frac{\rho_s}{1+e}, \qquad (3)$$

где $\rho_s$ – плотность частиц грунта (г/см$^3$).

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

$$W_{opt}=(0{,}85\ ...0{,}90)\left(\frac{1}{\rho_{d\,opt}}-\frac{1}{\rho_s}\right)\rho_в\cdot 100. \qquad (4)$$

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

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

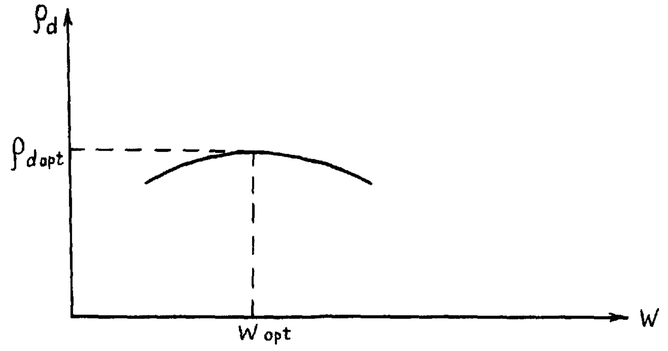
Максимальная плотность грунта (характеризуемая плотностью сухого грунта), получаемая при затрате стандартной или рациональной работы на его уплотнение, и влажность, соответствующая максимальной плотности, определяются на основании лабораторных испытаний грунта по методу стандартного уплотнения в приборе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

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



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

влажность, при которой получилась максимальная плотность.




Черт.I

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

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

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 $0{,}95\,\rho_{d\,opt}$, $0{,}90\,\rho_{d\,opt}$ и $0{,}85\,\rho_{d\,opt}$, где $\rho_{d\,opt}$ – 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 I/3, затем на 2/3); при этом производится уплотнение грунта ступкой диаметром на I 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 $0{,}95\,\rho_{d\,opt}$, $0{,}90\,\rho_{d\,opt}$ и $0{,}85\,\rho_{d\,opt}$) определяется по формуле:

$$P = \rho \cdot V, \tag{5}$$

где $V$ – объем грунта в кольце;

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

$$\rho = \rho_d(I + 0{,}0I\,w_{opt}), \tag{6}$$

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

$w_{opt}$ – 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 I,2 и 3 кгс/см$^2$ (I00, 200 и 300 кПа).

Для определения сопротивления сдвигу методом одноплоскостного среза чаще всего используют прибор Маслова-Лурье в модернизации Гидропроекта. С помощью этого прибора определяется сопротивление сдвигу образца породы диаметром 7I,4 мм и высотой 40 мм.

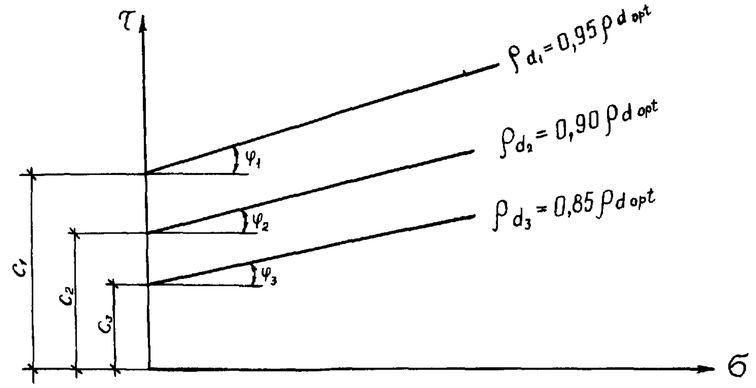
Время проведения быстрого сдвига, как правило, не превышает I0 мин;



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

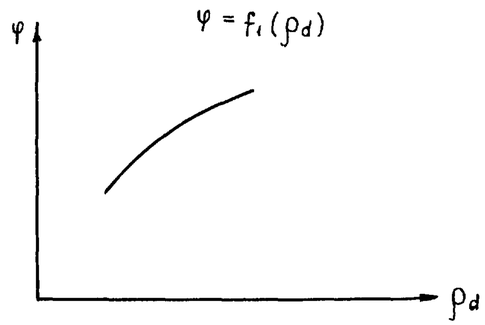
увеличение сдвигающей нагрузки производят не дожидаясь прекращения деформации от предыдущей ступени. Выбранная схема испытания соответствует работе грунта в теле сооружения.

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

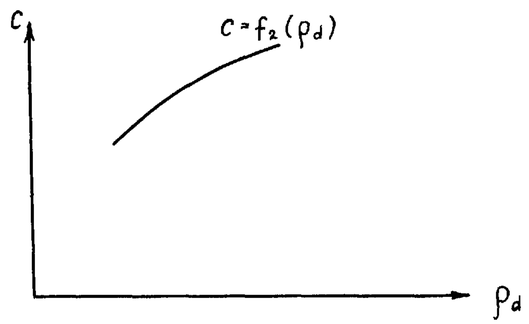



Черт.2

Строятся графики зависимости $\varphi = f_1(\rho_d)$ 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.

## Техническая характеристика самоходных катков с гладкими вальцами x)

Таблица I

| Показатели | ДУ-II | ДУ-50 | ДУ-I | ДУ-8В | ДУ-I8 | ДУ-48А | ДУ-9В | ДУ-49А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Масса, т: | | | | | | | | |
| без балласта | 6,4 | 6,5 | I,0 | 8,0 | I0,0 | I0,0 | I0,3 | II,0 |
| с балластом | – | 8,0 | – | I3,0 | I3,0 | I3,0 | I8,0 | I8,0 |
| Ширина уплотняемой полосы, м | I,8 | I,8 | I,8 | I,3 | I,8 | I,85 | I,3 | I,3 |
| Число осей | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Вальцы: | | | | | | | | |
| передние | I | I | I | I | I | I | I | I |
| средние | – | – | – | – | – | – | I | I |
| задние ведущие | 2 | 2 | 2 | I | 2 | I | I | I |
| управляемые | I | I | I | I | I | I | 2 | 2 |
| Диаметр вальцов, м: | | | | | | | | |
| переднего | 0,9 | I,0 | I,0 | I,3 | I,0 | I,0 | I,3 | I,3 |
| среднего | – | – | – | – | – | – | I,3 | I,3 |
| заднего | I,3 | I,3 | I,6 | I,6 | I,6 | I,6 | I,6 | I,6 |
| Длина вальцов, м: | | | | | | | | |
| переднего | I,0 | I,0 | I,0 | I,3 | I,0 | I,0 | I,3 | I,3 |
| среднего | – | – | – | – | – | – | I,3 | I,3 |
| заднего | 0,5 | 0,5 | 0,5 | I,3 | 0,5 | 0,5 | I,3 | I,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 |

Таблица I (продолжение)

| Показатели | ДУ-II | ДУ-50 | ДУ-I | ДУ-8В | ДУ-I8 | ДУ-48А | ДУ-9В | ДУ-49А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дорожный просвет, м | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,32 | 0,25 | 0,3 | 0,32 | 0,28 |
| Скорости передвижения (вперед и назад), м/с: | | | | | | | | |
| на первой передаче | 0,67 | 0,76 | 0,6I | до 0,65 | 0,5... I,05 | до 0,54 | до 0,65 | до 0,65 |
| на второй передаче | 0,98 | 2,I7 | 0,75 | до I,46 | 0,97... 2,I | до I,2 | до I,46 | до I,46 |
| транспортная | I,94 | 2,I7 | I,47 | до 2,2 | – | до I,8 | до 2,2 | до 2,2 |
| Двигатель | | | | | | | | |
| тип | Д-37М | Д37-Е-CI | СМД-7К | Д-37Е-CI | СМД-7К | Д-37Е-CI | СМД-7К | Д-37Е-CI |
| мощность | 30 кВт | 37кВт | 37кВт | 37кВт | 37кВт | 37кВт | 37кВт | 37кВт |
| Габаритные размеры, м | | | | | | | | |
| длина | 4,22 | 5,I5 | 4,9 | 4,32 | 5,06 | 5,0I | 6,08 | 6,52 |
| ширина | I,8 | I,85 | I,8 | 2,07 | I,82 | I,85 | I,9 | 2,04 |
| высота | 6,4 | 3,0 | 2,5 | 2,5 | I,86 | 3,0 | 2,5 | 3,4I |
| Изготовитель | Рыбинский ордена "Знак почета" завод дорожных машин | | | | | | | |

x) Катки предназначены для уплотнения дорожных покрытий.

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

2283/2

Таблица 2

Техническая характеристика катков на пневматических шинах

| Показатели | ДУ-30 | ДУ-39А | ДУ-37Б | ДУ-I6В | ДУ-2I | ДУ-3IА | ДУ-29 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тип катка | Прицепные | | Полуприцепные | | | Самоходные | |
| Масса катка, т | | | | | | | |
| без балласта | 4,0 | 6,0 | I3,0 | 25,4 | 27,8 | 8,44 | 23,0 |
| с балластом | I2,5 | 25,0 | 22,75 | 35,9 | 56,7 | I6,0 | 30,0 |
| Количество шин катка | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 передних<br>4 задних | 3 передних<br>4 задних |
| Размер шин[x], дюйм | I2,00x20 | I4x20 | I4x20 | передних<br>26x25<br>задних<br>2Ix28 | передних<br>27x33<br>задних<br>I8x28 | I2,00x20<br>32x20 | I4x20<br>32x20 |
| Давление в шинах, кПа | 500...600 | 350...700 | 200...400 | передних 300<br>задних<br>200...425 | передних<br>250...350<br>задних<br>200...425 | 300...550 | 350...I000 |
| Скорость передвижения, м | | | | | | | |
| рабочая | до I,4 | до I,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 | 2,6I | 2,6 | 2,68 | I,9 | 2,22 |
| Габаритные размеры, м | | | | | | | |
| длина | 5,3 | 5,77 | I0,I | I0,I | I0,87 | 5,3 | 6,I6 |
| ширина | 2,34 | 2,85 | 2,92 | 2,92 | 3,23 | I,93 | 2,89 |
| высота | I,82 | 2,0 | 2,3 | 2,8 | 3,665 | 3,I5 | 3,4I |
| Тяговые средства в рабочем положении | трактор<br>Т-74 или<br>Т-75 | трактор<br>Т-I00М | тягач<br>Т-I80 | тягач<br>МОАЗ-546П | тягач<br>БелАЗ-53I | - | - |
| Изготовитель | Кременчугский завод дорожных машин | Коростенский завод дорожных машин | Коростенский завод дорожных машин "Октябрьская кузница" | | | Орловский завод дорожных машин | |

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

ПРИЛОЖЕНИЕ I4

## ПРЕДЕЛЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ПЛОТИНЫ НА ВОДОНАСЫЩЕННОМ ГЛИНИСТОМ ОСНОВАНИИ X)

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,

$S_{r,in}$ - 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 $r_{u,max}$ в период строительства в толще слабого водонасыщенного грунта основания глубиной $h_o \leqslant H_{пл}$ менее или равен 0,I ($r_{u,max} \leqslant 0,I$).

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 $K_т \geqslant I0\ K_o$;

в) плотин из глинистых грунтов на основании из глинистых грунтов при $K_т \geqslant I00\ K_o$.

Для типов плотин а, б и в при $h_o \geqslant H_{пл}$ или характеристиках ($\alpha_{max}$, $C_{v,min}$), лежащих за пределами заштрихованной зоны табл.I, а также для плотин из глинистых грунтов при $K_т < I00\ K_o$ необходимо в каждом частном случае уточнить применимость проектных решений по методике, приведенной ниже:

I. По графику, черт.I, определяется параметр П в зависимости от $S_{r,in}$ и отношения $\frac{\alpha_{max}}{e_{in}}$ ($МПа^{-I}$).

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

При $r_{uc} \leqslant 0,I$ проектные решения в данном частном случае могут быть применены, дальнейший расчет не производится.

При $r_{uc} > 0,I$ производится расчет по п.п.3-6.

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

Величина $d$ принимается:

а) $d = h_o$ - в случае, если глинистый грунт основания подстилается слоем грунта с коэффициентом фильтрации $K_{nc} < I00\ K_o$;

б) $d = \frac{h_o}{2}$ в случае, если глинистый грунт основания мощностью $h_o \leqslant 2\ H_{пл}$ подстилается водопроницаемым слоем грунта с коэффициентом фильтрации $K_{nc} \geqslant I00\ K_o$;

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

- для плотин на основании из глинистых грунтов при $K_т < I00\ K_o$.

4. По графику черт.3 определяется $r_{uo}$, в зависимости от параметра $C_v^o$

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

При $S_{r,in}$ = I,0 коэффициент порового давления принимается равным $r_{u,max} = r_{uo}$

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

2283/2

6. При $\tau_{u,max} \leq 0,I$ – 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 $S_{\tau,in}$ и $\alpha_{max}$ и наименьшую величину $C_{\tau,min}$.

Таблица 1

| $S_{r,in}$ | $e_{in}$ | $a_{max}$ $(МПа)^{-1}$ | t = 6 месяцев | | | | | | | | | | | t = 4 месяца | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $H_{пл}$ = 5,0 м | | | $H_{пл}$ = 10,0 м | | | | $H_{пл}$ = 15,0 м | | | | | $H_{пл}$ = 5,0 м | | | $H_{пл}$ = 10,0 м | | | | $H_{пл}$ = 15,0 м | | | | |
| | | | $C_v$, min | | | $C_v$, min | | | | $C_v$, min | | | | | $C_v$, min | | | $C_v$, min | | | | $C_v$, min | | | | |
| | | | > 0,1 | 0,03 | 0,01 | > 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,01 | > 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,01 | > 0,1 | 0,03 | 0,01 | > 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,01 | > 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,01 |
| 0.85 | 1.0 | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | < 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 90 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | < 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 95 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | < 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 99 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 1

| $S_{r,in}$ | $e_{in}$ | $\alpha$ max $(МПа)^{-1}$ | t = 6 месяцев | | | | | | | | | | | t = 4 месяца | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $H_{пл}$ = 5,0 м | | | $H_{пл}$ = 10,0 м | | | | $H_{пл}$ = 15,0 м | | | | | $H_{пл}$=5,0м | | | | $H_{пл}$ = 10,0 м | | | | $H_{пл}$ = 15,0 м | | | | |
| | | | $C_v$, min | | | $C_v$, min | | | | $C_v$, min | | | | | $C_v$, min | | | | $C_v$, min | | | | $C_v$, min | | | | |
| | | | > 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | < 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,90 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,95 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,99 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,0 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Условные обозначения:

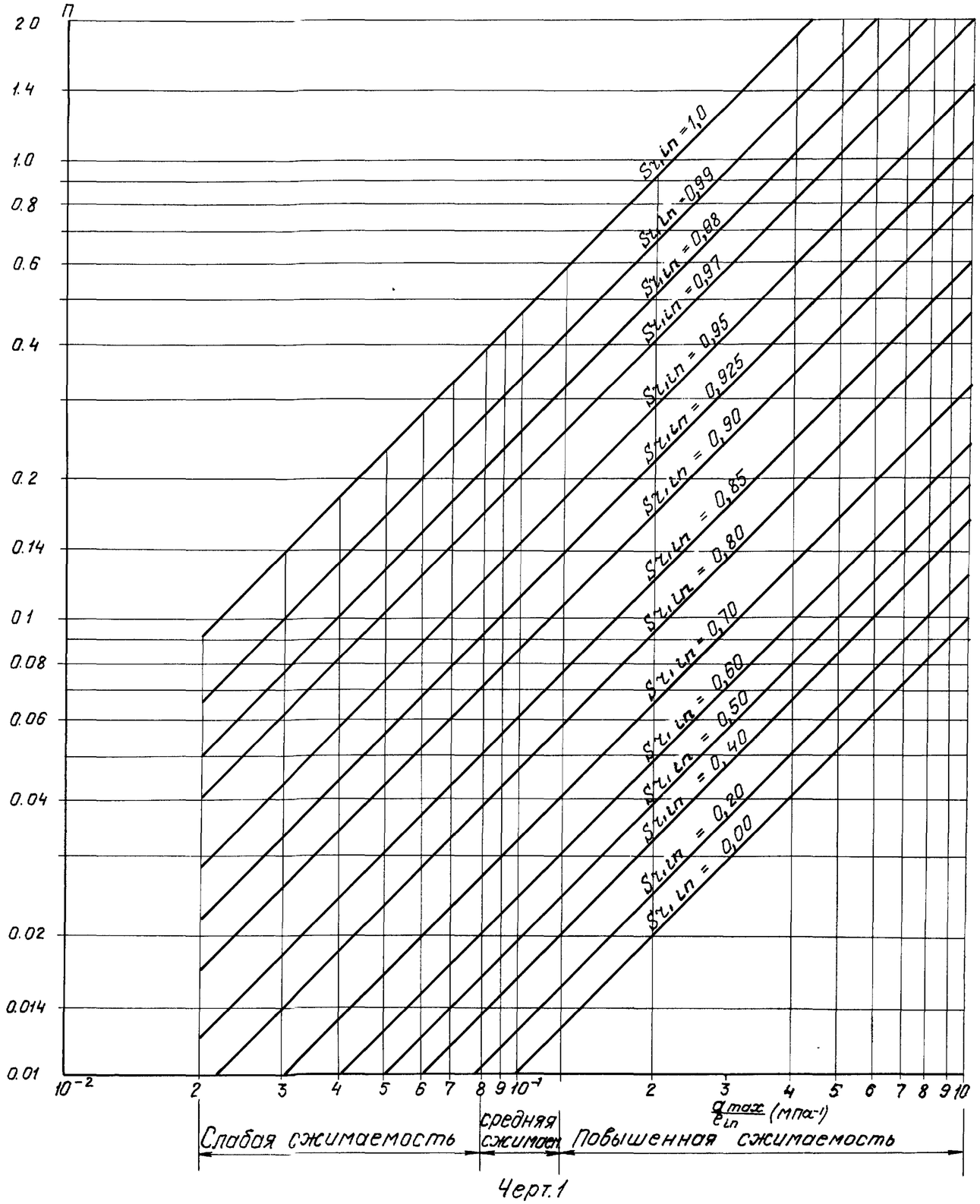
Зона применимости проектных решений при $h_o \leq H_{пл}$

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

2283/2



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

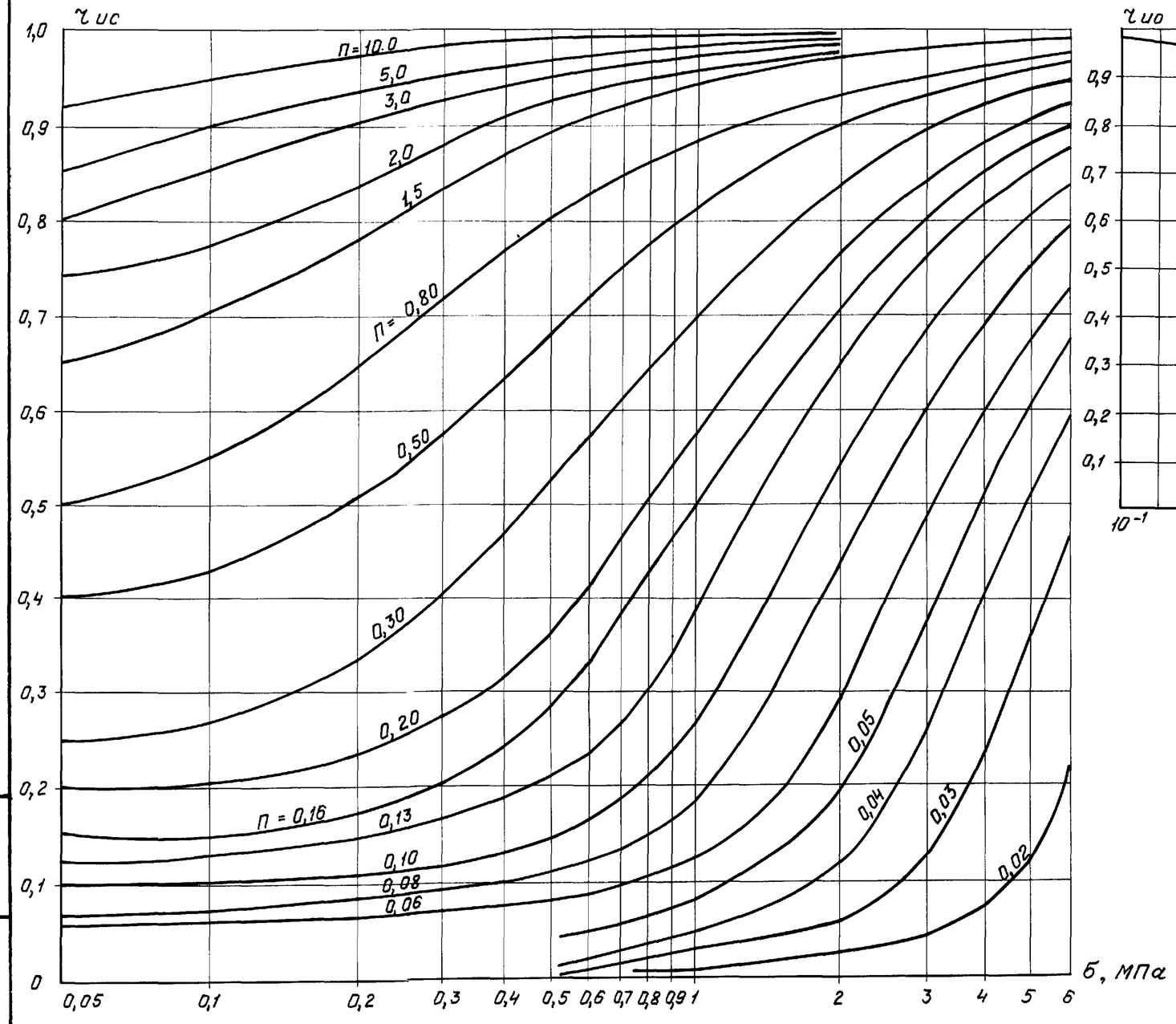



Черт. 1

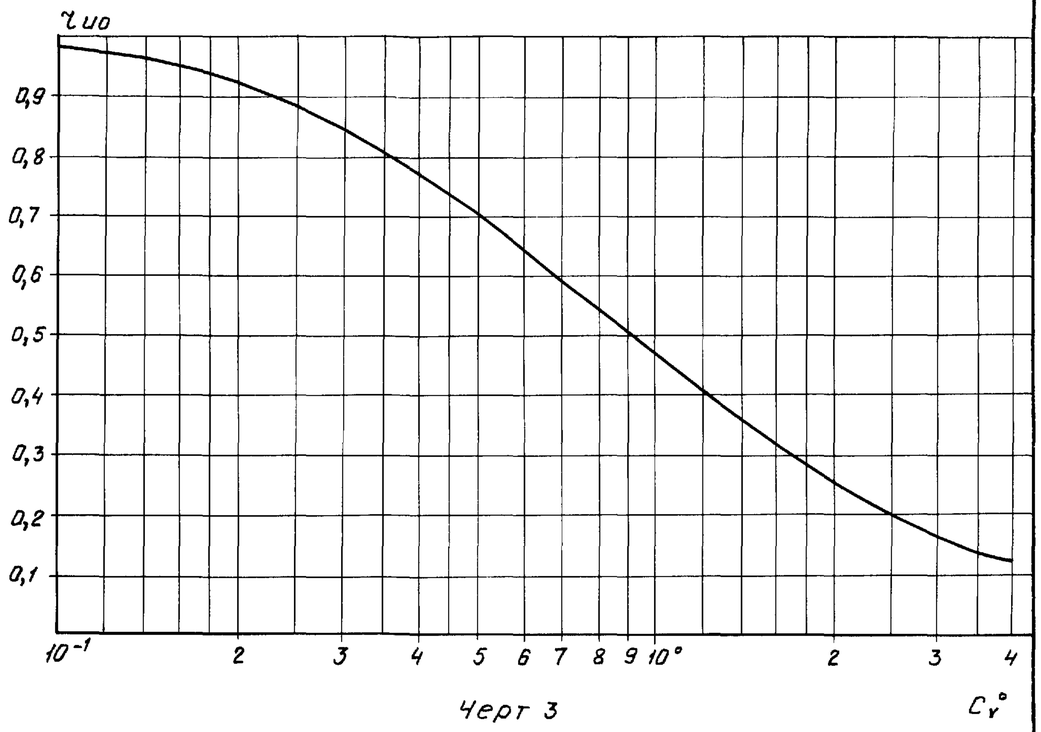
2283/2



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




Черт. 2




Черт 3



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

ПРИЛОЖЕНИЕ I5

# МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ОБРАТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ДРЕНАЖЕЙ[x)]

## I.Общие указания

I. 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 несуффозионным, так и суффозионным, лишь бы в нем не возникало опасной механической суффозии.

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:

- $d_{min}$, $d_5$, $d_{10}$, $d_{17}$, $d_{60}$;
- коэффициент разнозернистости $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}$;
- плотность частиц грунта $\rho_s$ г/см$^3$;
- плотность сухого грунта $\rho_d$ г/см$^3$;
- пористость $n$ (в долях единицы).

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

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

$$n = n_o - 0{,}1 \cdot \ell g\, \eta, \qquad (I)$$

где $n_o = 0{,}40$ – для песчано-гравийно-галечниковых грунтов,

$n_o = 0{,}45$ – для щебеночных (угловатых) фракций грунта,

$$\rho_d = \rho_s (1-n). \qquad (2)$$

6. Суффозионность (несуффозионность) состава грунта, защищаемого фильтром, определяется в соответствии с приложением 7, при этом $d_{ci} < d_5$

## 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 (суффозионный, несуффозионный)[xx)] назначается расчетный размер сводообразующих фракций грунта $d_{cr}$:

а) если защищаемый грунт несуффозионный, расчетное значение $d_{cr}^{расч}$ принимается по графику, черт.4 (стр.II9);

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

$$d_{cr}^{расч} \geqslant B \cdot d_5, \qquad (3)$$

где B = 3 ...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 – $\mathcal{D}_0$ из условия непроспаемости, т.е. $\mathcal{D}_0 \leqslant 1{,}8\, d_{cr}^{расч}$, (4)

x) Данная методика составлена в соответствии с "Рекомендациями по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений" П92-80 применительно к настоящим типовым материалам для проектирования. ВНИИГ

xx) Определение суффозионности грунтов см.приложение 7 п.7.



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

где $\mathcal{D}_0 = 0{,}46\sqrt[6]{\eta_\Phi} \cdot \frac{n_\Phi}{1-n_\Phi} \cdot Д_{I7}$; (5)

обозначения $\eta_\Phi$; $n_\Phi$; $Д_{17}$ указаны в приложении I.

9. Из условий (4) и (5) определяется действующий диаметр фракций фильтра – $Д_{I7}$:

$$Д_{17} = \frac{4}{\sqrt[6]{\eta_\Phi}} \cdot \frac{1-n_\Phi}{n_\Phi} \cdot d_{cr}^{расч}. \quad (6)$$

При этом коэффициент разнозернистости фильтра $\eta_\Phi$ принимается:

а) для несуффозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_\Phi^{доп.} = \frac{Д_{60}}{Д_{I0}} \leqslant 25; \quad (7)$$

б) для суффозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_\Phi^{доп} \leqslant I5;$$

пористость $n_\Phi$ – по формуле (I).

I0. По размеру диаметра фракций фильтра $Д_{I7}$ определяется $Д_{min}$ фильтра по следующей формуле:

$$Д_{min} = \frac{Д_{17}}{1+(0{,}1\,P_{17})^x \frac{\eta_\Phi - 1}{5\eta_\Phi}}, \quad (8)$$

где $x = I + I{,}28\,\ell g\,\eta_\Phi$ (9)

II. Определение других размеров фракций ($Д_{I0}$, $Д_{20}$, $Д_{50}$ ...$Д_{I00}$) грунта фильтра производится по формуле:

$$Д_i = \left[1+0{,}2\,(0{,}1\,P_i)^x \frac{\eta_\Phi - 1}{\eta_\Phi}\right] Д_{min}, \quad (I0)$$

где $P_i$ = I0 ...20 ...50 ...I00 %, соответствующие фракциям грунта фильтра $Д_{I0}$ ...$Д_{20}$ ...$Д_{50}$ ...$Д_{I00}$.

I2. Зона допускаемого зернового состава грунта, пригодного для укладки в слой фильтра, назначается следующим образом:

а) верхняя граница "зоны" определяется прямой линией, проходящей через точку $Д_{I00}$ расчетной кривой и точку, расположенную на 3 % выше (по вертикали) точки $Д_{I0}$, 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 $Д_{min}$ этой кривой и пересекающей линию $Д_{I00}$ (см.черт.3 на стр. II9).

I3. По условию водопроницаемости зерновой состав грунта фильтра должен отвечать следующему соотношению:

$$\left(\frac{Д_{I7}}{d_{I7}}\right)^2 \geqslant 3 \ldots 5. \quad (II)$$

I4. Коэффициент фильтрации защищаемого грунта или грунта фильтра определяется по следующей экспериментальной формуле:

$$K_\Phi = 310 \cdot \varphi_1 \sqrt[3]{\eta_\Phi} \cdot \frac{n_\Phi^3}{(1-n_\Phi)^2} \cdot d_{17}^2 \left(\frac{см}{с}\right), \quad (I2)$$

где $\varphi_1$ = I – для окатанных частиц;

$\varphi_1$ = 0,35 – 0,40 – для угловатых частиц;

$d_{17}$ – в см.

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

I5. В зависимости от состава защищаемого грунта (суффозионный, несуффозионный) назначается расчетный размер сводообразующих фракций данного грунта – $d_{cr}^{расч}$ (см.п.7 случай I).

I6. По полученному значению $d_{cr}^{расч}$ и размеру фракций грунта, предназначенного для фильтра $Д_{I7}^{I}$, определяется действительная величина междуслойного коэффициента из соотношения:

$$\eta_м = \frac{Д_{17}^{I}}{d_{cr}^{расч}}. \quad (I3)$$

I7. Из условия непросыпаемости (4) грунта в поры фильтра определяется для защищаемого грунта допустимый междуслойный коэффициент по следующей формуле:

$$\eta_м^{доп.} = \frac{4(1-n_ф)}{n_ф \cdot \sqrt[6]{n_ф}}, \qquad (I4)$$

где $n_ф, \eta_ф$ – соответственно, пористость и коэффициент разнозернистости грунта фильтра.

I8. Сопоставляется полученная величина $\eta_м$ с допустимым его значением $\eta_м^{доп.}$:

а) если оказывается, что

$$\eta_м \leq \eta_м^{доп.}, \qquad (I5)$$

то рассматриваемый грунт для фильтра следует считать приемлемым;

б) если оказывается, что

$$\eta_м > \eta_м^{доп.}, \qquad (I6)$$

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.I5–I8.

I9. 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.I2 расчетного случая I настоящего приложения.

Ш. Обратные фильтры, защищающие связные грунты

20. Проектирование первого слоя обратного фильтра в данном разделе производится при защищаемых глинистых грунтах, обладающих следующими свойствами: число пластичности $J_p \geq 5$ % (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:

$$\rho_d \geq \frac{\rho_s}{1+e_т}, \qquad (I7)$$

где $e_т$ – коэффициент пористости при $W_L$;

$$e_т = \frac{\rho_s \cdot W_L}{100 \cdot \rho_в}. \qquad (I8)$$

В случае отсутствия молекулярного сцепления в связном грунте расчет ведется по разделу П.

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

2I. Определяется расчетный размер диаметра пор грунта фильтра по формуле:

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

где $\varphi = 0{,}5 - I{,}0$;

$J_{расч}$ – расчетный градиент напора; $J_{расч} = \gamma_n \cdot J_{вых}$;

$\gamma_n = I{,}I$ – коэффициент надежности;

$J_{вых}$ – 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 связного грунта (см. п.п.9–I4):

$$D_o^{max} \leq D_o^{расч}, \qquad (20)$$

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

23. Коэффициент разнозернистости первого слоя фильтра принимается:

$$\eta_ф^{доп.} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 50. \qquad (2I)$$



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

24. Определяется размер фракции $Д_{I7}$ первого слоя фильтра:

$$Д_{17} \leq \frac{D_o^{расч}}{\varkappa \cdot C} \cdot \frac{1-n_ф}{n_ф}, \qquad (22)$$

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

$$\varkappa = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_ф}); \qquad (24)$$

$n_ф$ – пористость фильтра; определяется по графику $n_ф = f(\eta_ф)$ см.черт.I.

25. Определяется действующий диаметр фракций первого слоя фильтра $Д_{I0}$:

$$Д_{10} = i \cdot Д_{17}. \qquad (25)$$

Величина $i$ определяется по графику $\eta_ф = f \cdot \left(\frac{Д_{10}}{Д_{17}}\right)$, см.черт.2.

26. Определяется контролирующий диаметр фракций первого слоя фильтра:

$$Д_{60} = \eta_ф \cdot Д_{I0}. \qquad (26)$$

27. Максимальный размер фракции первого слоя фильтра $Д_{I00}=D_o^{max}$ принимается по зависимости:

$$Д_{100} \leq Д_{10} + 10^x \cdot Д_{60} \cdot \frac{\eta_ф - 1}{5\eta_ф^2}, \qquad (27)$$

где $x = I + I,28 \lg \eta_ф$. (28)

28. По полученным значениям размера фракций $Д_{I0}$, $Д_{I7}$, $Д_{60}$, $Д_{I00}$ строится расчетная кривая "Ф" гранулометрического состава грунта первого слоя фильтра (см.черт.3). Состав этого грунта удовлетворяет условию (20).

29. Строится "зона допускаемого 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 $Д_{60}^{расч}$ кривой "Ф" соответствует размеру фракций $Д'_{85}$ кривой I, а расчетный размер фракций $Д_{I0}^{расч}$ кривой "Ф" – размеру фракций $Д'_{35}$ кривой I, то есть $Д_{60}^{расч} = Д'_{85}$ и $Д_{I0}^{расч} = Д'_{35}$.

3I. При возможности возникновения продольной фильтрации в контактной с обратным фильтром зоне производится проверка прочности глинистого грунта на контактный размыв.

При этом должно удовлетворяться условие:

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

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

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

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

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

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:

$$D_o^{max} = \varkappa \cdot C \cdot \frac{n_ф}{1-n_ф} \cdot Д_{17}. \qquad (3I)$$

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

Если это условие, а также условие $\eta_{доп} \leq 50$ 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 IУ 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).

IУ. Толщина и число слоев фильтра

35. Толщина слоя обратного фильтра по фильтрационным условиям должна быть: $t_ф \geqslant 5\ Д_{90}$,

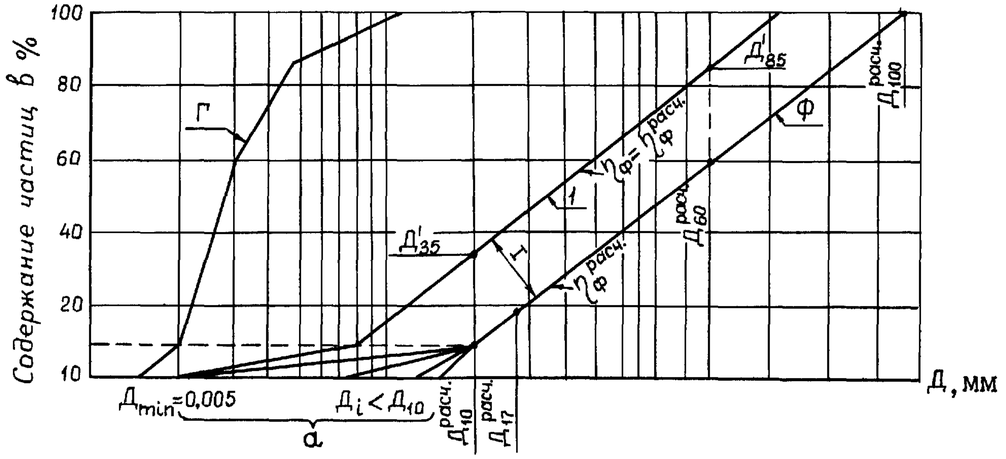
где $Д_{90}$ – размер фракций фильтра.

По условиям производства работ толщину слоя следует назначать:

а) при ручной укладке (планировке и уплотнении) $t_ф \geqslant 10$ см;

б) при механизированной укладке $t_ф \geqslant 20$ см.

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




Черт.3

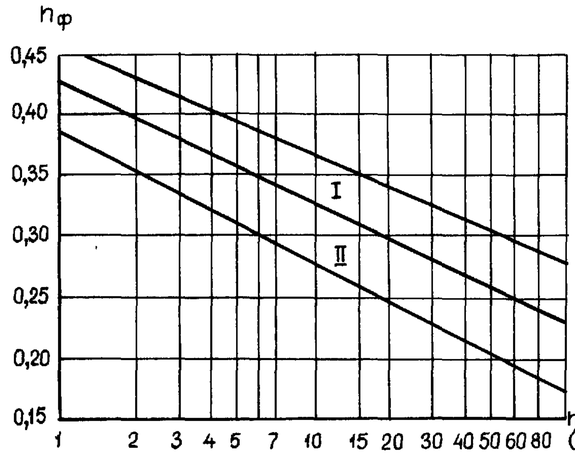
График расчетного состава грунта и назначения "зоны допустимого гранулометрического состава грунтов первого слоя фильтра", защищающего связный грунт.

Г – гранулометрический состав связного грунта, защищаемого фильтром;

Ф – расчетный гранулометрический состав грунта фильтра с $\eta_ф^{расч.}$ (нижний предел "зоны");

I – верхний предел "зоны" с $\eta_ф^{расч.}$, с $Д_{35} = Д_{10}^{расч}$, $Д_{85} = Д_{60}^{расч.}$

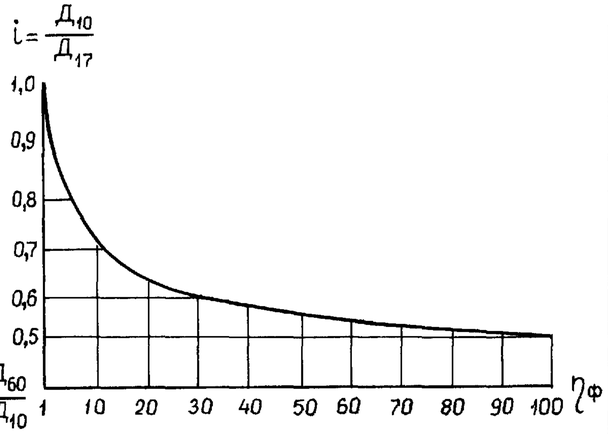
а – область допустимых размеров мелких фракций $Д_i < Д_{10}$ (10 %) в составе фильтра (от $Д_{min} = 0,005$ мм до $Д_{10}$).




Черт.1

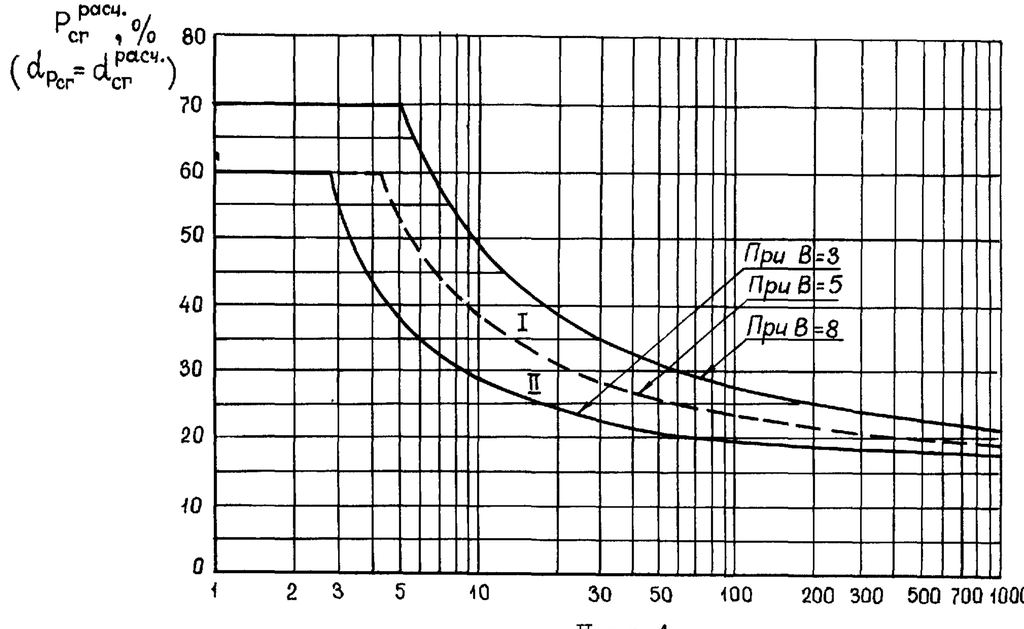
I – область щебеночных грунтов;

II – область песчано-гравийно-галечниковых грунтов




Черт.2

График $\eta_ф = f\frac{Д_{10}}{Д_{17}}$




Черт.4

График для определения расчетных размеров сводообразующих частиц грунта

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

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

2283/2

ПРИЛОЖЕНИЕ I6

## 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; $d_{I0}$ = 0,I0 мм; $d_{I7}$ = 0,II мм; $d_{60}$ = 0,23 мм; $d_{I00}$ = 2,0 мм.

Коэффициент разнозернистости – $\eta_r = \frac{60}{I0} = 2,3$

Плотность частиц грунта – $\rho_s = 2,65$ г/см$^3$

Плотность сухого грунта – $\rho_d = I,72$ г/см$^3$

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

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

2. Определяется $d_{cr}^{расч}$ для данного несуффозионного 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 $Д_{I7}$, при предварительно заданном коэффициенте разнозернистости фильтра $\eta_ф$ = I5 и значении пористости $n_ф$, вычисленной по зависимости (I):

$$n_ф = 0,40 - 0,I \cdot \ell g\ I5 = 0,28;$$

$$Д_{I7} = \frac{4}{\sqrt[6]{\eta_ф}} \cdot \frac{1-n_ф}{n_ф} \cdot d_{cr}^{расч} = \frac{4}{\sqrt[6]{I5}} \cdot \frac{I-0,28}{0,28} \cdot 0,23 = I,5 \text{ мм}.$$

4. По полученному значению $Д_{I7}$ = I,5 мм и зависимости (8) определяется $Д_{min}$ фильтра при значении x:

$$x = I + I,28 \cdot \ell g\ I5 = 2,5;$$

$$Д_{min} = \frac{Д_{I7}}{I+0,2(I,7)^{x \cdot \frac{\eta_ф - I}{\eta_ф}}} = \frac{I,5}{I+0,2(I,7)^{2,5 \times \frac{I5-I}{I5}}} = 0,88 \text{ мм}$$

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

$$Д_i = 0,88 + 0,I76\ (0,I \cdot P_i)^{2,5} \cdot \frac{I5-I}{I5}.$$

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

$$Д_{I0} = 0,88 + 0,I64\ (0,I \cdot I0)^{2,5} = I,04 \text{ мм}.$$

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

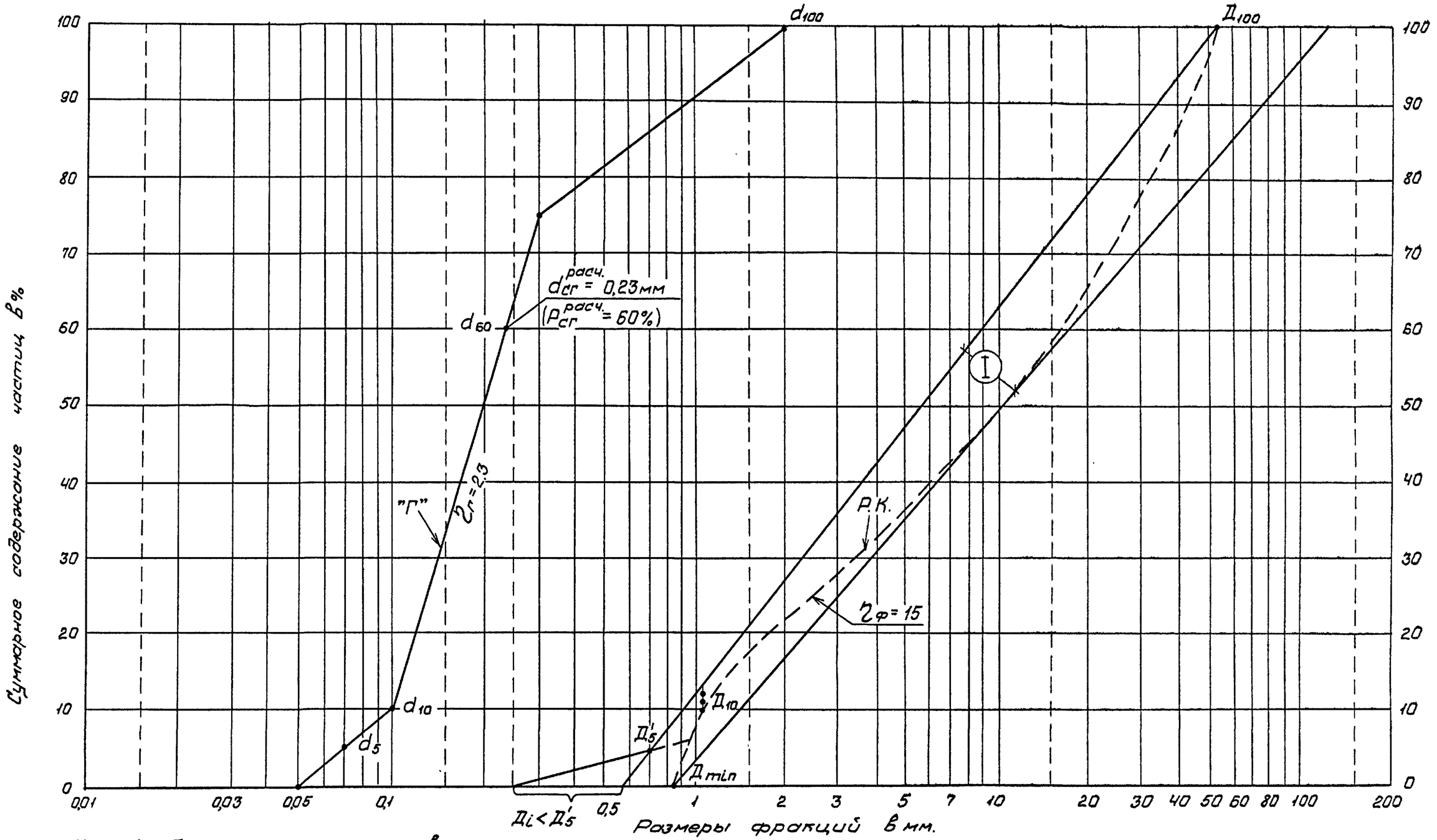
Таблица I

| $Д_{min}$ | $Д_{I0}$ | $Д_{20}$ | $Д_{35}$ | $Д_{50}$ | $Д_{60}$ | $Д_{80}$ | $Д_{I00}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,88 | I,04 | I,8I | 4,64 | I0,05 | I5,34 | 30,57 | 52,74 |

6. По значениям $Д_{min}$, $Д_{I0}$, $Д_{I00}$ строится расчетная кривая несуффозионного 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



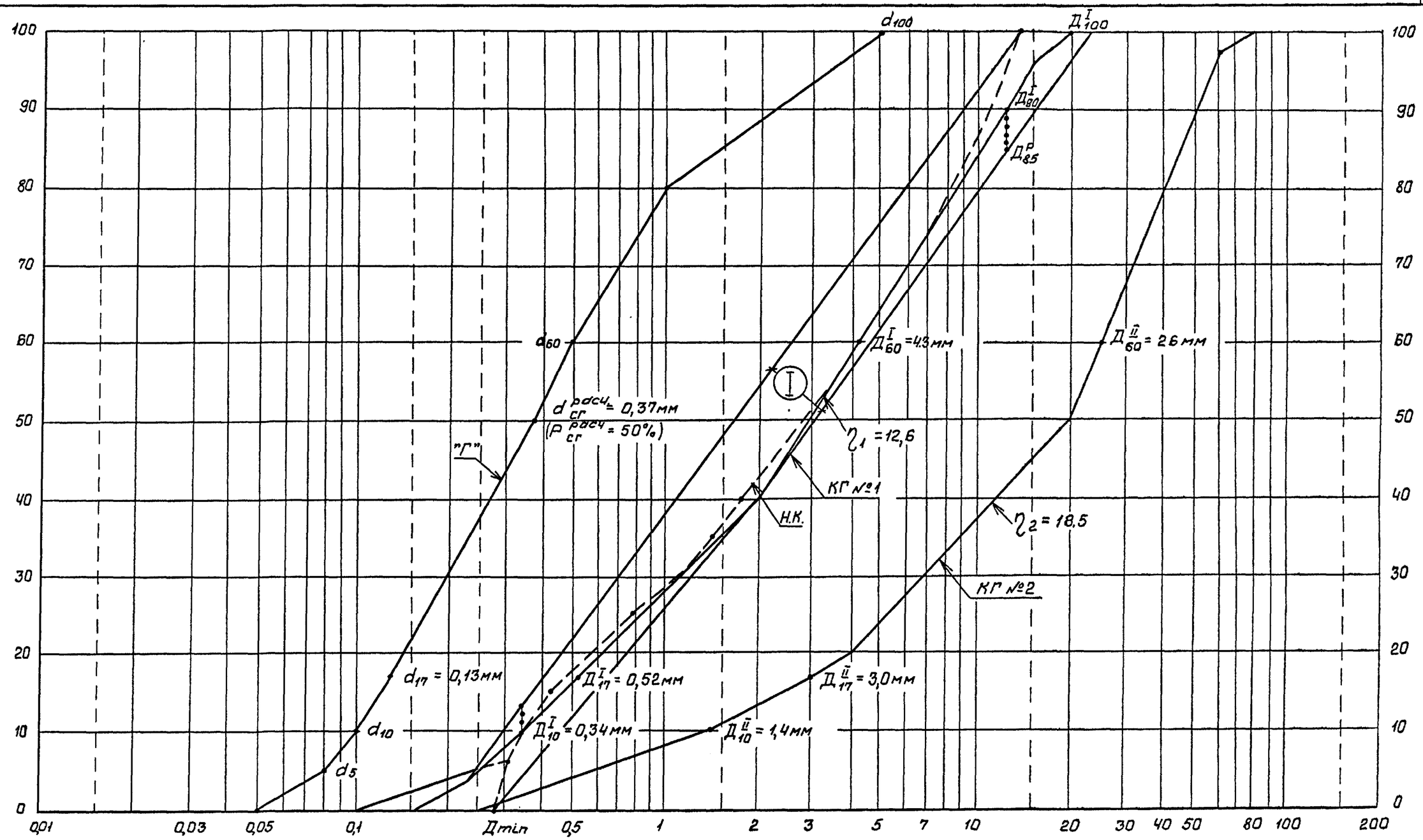

Черт.1 График запроектированного состава фильтра (пример 1).
"Г" грунт тела плотины и основания;
I - зона допускаемого зернового состава грунта, пригодного для укладки в первый слой фильтра;
Р.К. - расчетная кривая.

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

2283/2

| 820-04-28.87 | ПЗ | лист 119 |
|---|---|---|

Копировал




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

2283/2

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

Копировал

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

карьерных грунтов.

I. 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 разнозернистости $\eta_г = 5,0$;

пористость $n_г = 0,33$.

б) Данные карьерных грунтов (черт.2):

карьерный грунт (КГ № I) –

коэффициент разнозернистости $\eta_1 = I2,6$;

пористость $n_1 = 0,29$;

карьерный грунт (КГ № 2) –

коэффициент разнозернистости $\eta_2 = I8,5$;

пористость $n_2 = 0,27$.

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

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

3. Согласно формуле (I3) приложения I5 определяется действительная величина междуслойных коэффициентов карьерных грунтов № I и № 2:

а) для карьерного грунта № I $\eta_м^{I} = \frac{d_{I7}}{d_{сг}} = \frac{0,52}{0,37} = I,4$;

б) для карьерного грунта № 2 $\eta_м^{II} = \frac{d_{I7}}{d_{сг}} = \frac{3,0}{0,37} = 8,I$.

4. Из условия непросыпаемости защищаемого грунта в поры фильтра определяется допустимый междуслойный коэффициент по формуле (I4):

$$\eta_{доп.} = \frac{4(1-n_ф)}{n_ф \sqrt[6]{\eta_ф}}$$

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

$$\eta_{доп.}^{I} = \frac{4(I-0,29)}{0,29 \cdot \sqrt[6]{I2,6}} = 6,4;$$

б) при сопряжении с карьерным грунтом № 2:

$$\eta_{доп.}^{II} = \frac{4\ (I-0,27)}{0,27\ \sqrt[6]{I8,5}} = 6,6.$$

5. Проверяется условие непросыпаемости:

а) для карьерного грунта № I условие непросыпаемости удовлетворяется, т.к.

$$\eta_м^{I} = I,4 < \eta_{доп}^{I} = 6,4;$$

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

$$\eta_м^{II} = 8,I > \eta_{доп}^{II} = 6,6.$$

6. Из приведенных расчетов следует:

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

б) карьерный грунт № 2 также может быть использован в качестве I слоя фильтра, но с отсевом крупных фракций Д > 30 ...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 $Д_{min}$ проведена касательная к кривой карьерного грунта № I и далее через точку $Д_{85}^{р} = Д_{90}^{I}$ до линии $Д_{I00}$.

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



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

$$\frac{(Д_{I7})^2}{(d_{I7})^2} \geq 3 \ldots 5.$$

В данном случае $Д_{I7}$ = 0,52 мм, $d_{I7}$ = 0,I3 мм;

$$\frac{0,52^2}{0,I3^2} = I5 > 3$$

Условие водопроницаемости фильтра удовлетворяется.

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

$$t_ф \geq 5Д_{90} = 5 \cdot I,8 = 9,0 \text{ см}$$

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 $\rho_d$ = I,7 г/см$^3$;

плотность частиц суглинка – $\rho_s$ = 2,7 г/см$^3$;

пористость – $n$ = 0,37 ;

число пластичности – $J_p$ = I2 %;

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

нижний предел пластичности – $w_p$ = 2I,48 %.

При фильтрационных расчетах плотины определен градиент напора фильтрационного потока при выходе в дренажную призму, равный $J_{вых}$ = 0,56.

2. Защищаемый грунт тела плотины следует считать связным грунтом ( $J_p$ = I2 % > 5 %, $d$ < 0,05 мм > 20 %), обладающим молекулярным сцеплением, так как выполняется условие (I7): $\rho_d \geq \frac{\rho_s}{1+e_т}$ ,

где $e_т = \frac{\rho_s \cdot w_L}{100 \cdot \rho_в} = \frac{2,7 \cdot 35,46}{I00 \cdot I} = 0,96$;

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

3. За расчетный градиент напора принимается $J_{расч} = \gamma_n \cdot J_{вых}$ ;

$J_{расч}$ = I,I · 0,56 = 0,62.

4. Расчетный размер диаметра пор грунта фильтра определяется по формуле (I9):

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

$$D_o^{расч} = \sqrt{\frac{2,25}{I \cdot 0,62 + \cos 45°}} = \sqrt{\frac{2,25}{I \cdot 0,62 + 0,707I}} = I,30 \text{ см}.$$

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

$$D_o^{max} \leq D^{расч}.$$

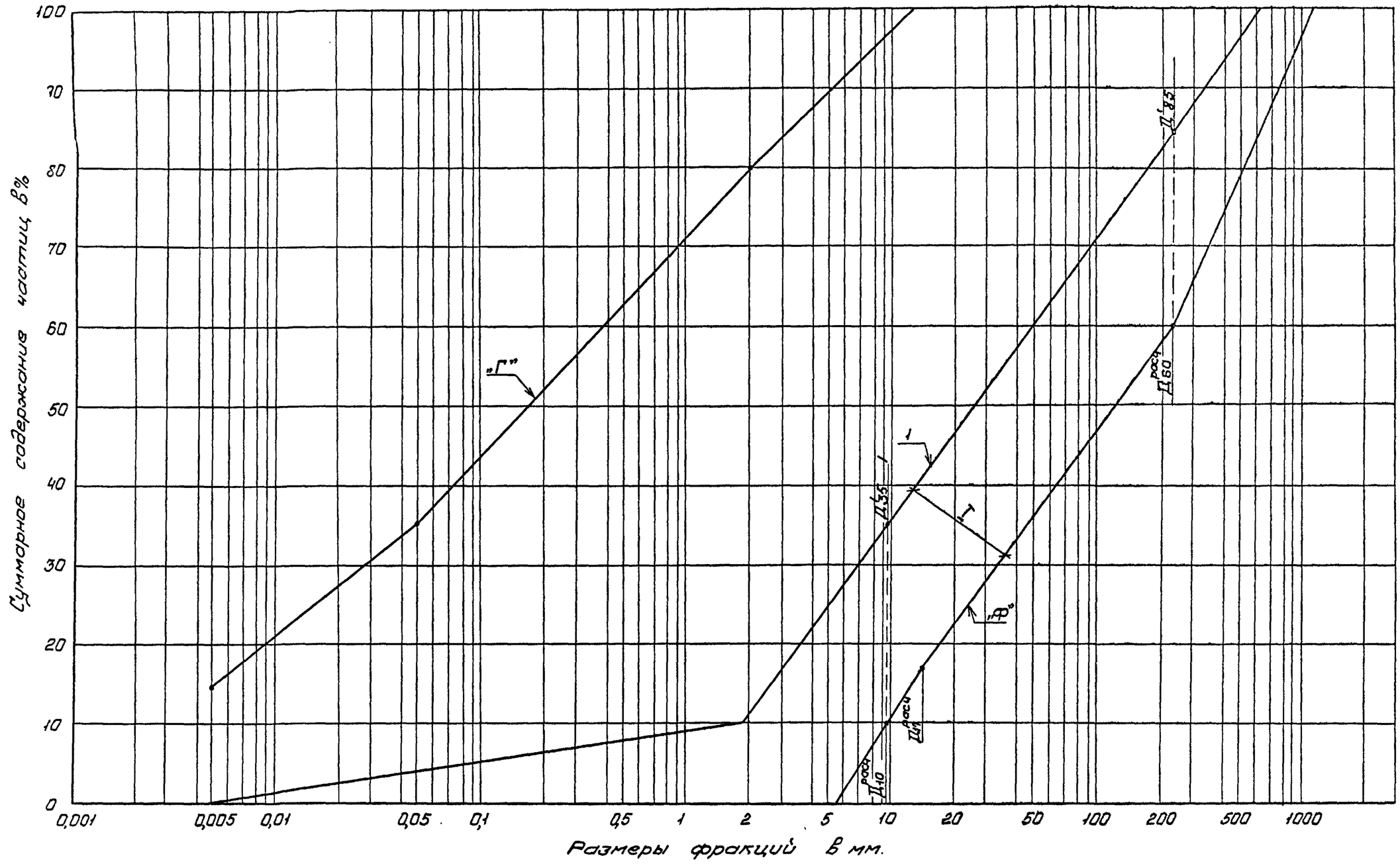
За расчетный диаметр пор грунта I слоя фильтра следует принимать:

$$D_o^{max} = D_o^{расч} = I3 \text{ мм}.$$

6. Коэффициент разнозернистости I слоя фильтра, учитывая условие (2I), принимаем равным $\eta_\varphi^{доп}$ = 25. Для принятого значения коэффициента разнозернистости определяется допускаемая пористость по графику $n_\varphi = f(\eta_\varphi)$ – черт.I приложение I5. При $n_o$ = 0,45 (для щебеночного грунта) пористость $n_\varphi$ = 0,3I.

7. Определяется размер фракции $Д_{I7}$ первого слоя фильтра по формуле (22):

$$Д_{I7} \leq \frac{Д_o^{расч}}{\varkappa \cdot c} \cdot \frac{1 - n_\varphi}{n_\varphi} = \frac{I3}{2,45 \cdot 0,78} \cdot \frac{I-0,3I}{0,3I} = I5 \text{ мм},$$




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

2283/2



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

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

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

8. Действующий диаметр фракций I-го слоя фильтра $Д_{I0}$ определяется по зависимости (25):

$$Д_{I0} = i \cdot Д_{I7} = 0,63 \cdot I5 = 9,5 \text{ мм}$$

для $\eta_\varphi = 25$ по графику $\eta_\varphi = f(\frac{Д_{I0}}{Д_{I7}})$ - черт.2 приложение I5 $i = 0,63$.

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

$$Д_{60} = \eta_\varphi \cdot Д_{I0} = 25 \cdot 9,5 = 238,5 \text{ мм}.$$

I0. Максимальный диаметр фракций $Д_{I00} = \mathcal{D}_0^{max}$ принимается по зависимости (27):

$$Д_{I00} \leq Д_{I0} + I0^{X} \cdot Д_{60} \frac{\eta_\varphi - I}{5\eta_\varphi^2} = 9,5 + I0^{2,8} \cdot 238,5 \cdot \frac{25-I}{5 \cdot 25^2} =$$

$= II56$ мм;

$X = I + I,28\ lg\ \eta_\varphi = I + I,28 \cdot lg25 = 2,8$.

II. По полученным расчетным значениям $Д_{I0}$; $Д_{I7}$, $Д_{60}$, $Д_{I00}$ 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.

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

2. Данные карьерного грунта:

$Д'_{I0} = 8$ мм; $Д'_{I7} = II$ мм; $Д'_{60} = 34$ мм; $\eta' = 4,26$; $n' = 0,40$.

По зависимости (3I) определяется максимальный размер пор карьерного грунта:

$$\mathcal{D}_0^{max} = \varkappa \cdot C \frac{n_\varphi}{1-n_\varphi} \cdot Д_{I7};$$

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

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

$$\mathcal{D}_0^{max} = I,42 \cdot 0,58 \cdot \frac{0,4}{I-0,4} \cdot II = 6,0 \text{ мм} < \mathcal{D}_0^{расч.} = I3 \text{ мм}.$$

Следовательно, условие $\mathcal{D}_0^{max} < \mathcal{D}_0^{расч.}$ 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[x)] 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 несуффозионного грунта.

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

- зерновым составом защищаемого грунта и величиной его коэффициента разнозернистости $\eta_г$ ;

- зерновым составом карьерных грунтов при наличии карьеров, намечаемых для отсыпки обратного фильтра, а также их физическими характеристиками ( $\eta_ф, n_ф$ и др.);

- зерновым составом каменной наброски при выполнении крепления из камня; расчетным размером $b_щ$, 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.

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 разнозернистости фильтра:

- для несуффозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_ф^{доп.} = \frac{Д_{60}}{Д_{I0}} \leqslant 25 ; \qquad (I)$$

- для суффозионного состава защищаемого грунта:

$$\eta_ф^{доп.} = \frac{Д_{60}}{Д_{I0}} \leqslant I5 . \qquad (2)$$

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

5. Определяется пористость фильтра $n_ф$ по приложению I5 (см.график черт.I и формулу I ).

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

$$Д_{85}^{расч.} \geqslant \frac{4(1-n_ф)}{n_ф \cdot \sqrt[6]{\eta_ф}} \cdot B' \cdot d_{сг} . \qquad (3)$$

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

Это условие выражается следующими зависимостями:

- для крепления из каменной наброски:

$$Д_{85}^{расч.} \geqslant 0,55 \times D_o^{кн} , \qquad (4)$$

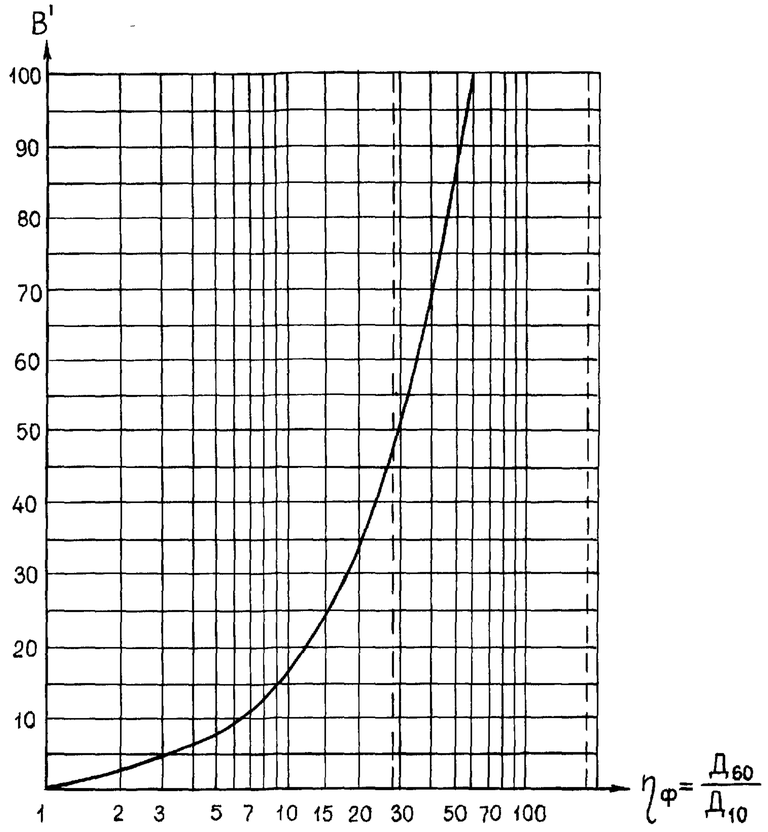
где $D_o^{кн}$ - диаметр пор каменной наброски, определяемый по формуле:

---

x) Данная методика составлена в соответствии с "Рекомендациями по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений" П92-80 ВНИИГ применительно к настоящим типовым материалам для проектирования.



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




Черт.I График $B' = f(\eta)$

$$Д_0^{кн} = 0{,}46 \cdot \sqrt{\eta^{кн}} \times \frac{n^{кн}}{1 - n^{кн}} \times Д_{17}^{кн}, \qquad (5)$$

$\eta^{кн}$, $n^{кн}$, $Д_{17}^{кн}$ – 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:

$$Д_{85}^{расч.} \geqslant 0{,}55 \cdot b_щ. \qquad (6)$$

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:

$$Д_{85}^{расч.II} \geqslant 0{,}55 D_0^{кн} \quad или \qquad (7)$$

$$Д_{85}^{расч.II} \geqslant 0{,}55 \cdot b_щ ; \qquad (8)$$

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 $D_0^{кн'}$, 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 $Д_{85}^{расч.}$ и принятому значению $\eta_\Phi$ находится $Д_{min}$ по формуле:

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

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

11. Определение расчетных размеров других фракций фильтра ($Д_{10}$, $Д_{20}$ ...$Д_{100}$) и назначение зоны допускаемого зернового состава грунта, пригодного для укладки в фильтр, производится в соответствии с п.п.11 и 12 приложения 15.

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

$$d_{ci} = 0{,}077 \cdot (\sqrt{1 + 17 \cdot \sqrt{\varphi_1} \cdot J_П^P} - 1) \cdot D_0 \leqslant d_5, \qquad (11)$$

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

$\varphi_1 = 1$ – для песчано-гравийно-галечниковых грунтов фильтра;



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

$\varphi_1 = 0{,}36$ – для щебеночных грунтов фильтра;

$J_п^р$ – расчетный градиент напора при пульсации воды в слое фильтра;

$$J_п^р = 1{,}35 \cdot \sin\beta \; ; \qquad (12)$$

$\beta$ – угол наклона верхового откоса к горизонту;

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

$$\mathcal{D}_0 = 0{,}46 \cdot \sqrt[6]{\eta_ф} \cdot \frac{n_ф}{1-n_ф} \cdot Д_{17}. \qquad (13)$$

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 $d_{сг}^{расч.}$ 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: $Д_{10}$, $Д_{60}$, $Д_{85}$.

I6. Определяется коэффициент разнозернистости карьерных грунтов:

$$\eta_ф = \frac{Д_{60}}{Д_{10}} \; , \qquad (14)$$

где $Д_{60}$ и $Д_{10}$ – принимаются по кривой зернового состава.

I7. Производится сравнение коэффициента разнозернистости 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 $Д_{85}$ карьерных грунтов должен удовлетворять условиям непросыпаемости (4) или (6) – см.п.7.

20. Зерновой состав исследуемого карьерного грунта должен удовлетворять условию:

$$d_{сг} \geqslant 0{,}55\,\mathcal{D}_0 \; . \qquad (15)$$

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.

Ш. Обратные фильтры, защищающие связные грунты

Предлагаемая методика рекомендуется для проектирования обратных фильтров под крепления верховых откосов плотин из глинистых связных грунтов, обладающих молекулярным сцеплением (см.п.20 приложения I5) и имеющих число пластичности $J_р \geqslant 5$ %.

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

23. Определяется расчетный градиент напора фильтрационного потока по формуле:

$$J_{расч.} = tg\,\beta \; , \qquad (16)$$

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:

$$\mathcal{D}_0^{\text{расч.}} = \sqrt{\frac{2,25}{\mathcal{J}_{\text{расч.}}+1}}\ , \text{ см.} \qquad (17)$$

25. Материал I-го слоя фильтра подбирается таким образом, чтобы удовлетворялось основное условие, обеспечивающее отсутствие опасных деформаций при возможности некоторого отслаивания связного грунта, то есть принимается $\mathcal{D}_0^{\text{макс.}} \leqslant \mathcal{D}_0^{\text{расч.}}$, (18)

где $\mathcal{D}_0^{\text{макс.}}$ – максимальный размер фильтрационных пор первого слоя фильтра.

26. Производится проверка прочности глинистого грунта на контактный размыв при пульсирующей фильтрации и фильтре с $\mathcal{D}_0^{\text{макс.}} = \mathcal{D}_0^{\text{расч.}}$.

При допущении некоторого отслаивания частиц связного грунта это условие выражается следующей зависимостью:

$$\mathcal{J}_{\text{п}}^{\text{р}} \leqslant (0,85 - 0,90)\cdot \mathcal{J}_{\text{кр.}}\ ; \qquad (19)$$

$\mathcal{J}_{\text{п}}^{\text{р}}$ – расчетный градиент напора при пульсации воды в слое фильтра;

$$\mathcal{J}_{\text{п}}^{\text{р}} = 1,35 \cdot \sin\beta\ ; \qquad (20)$$

$\mathcal{J}_{\text{кр.}}$ – критический градиент напора для связного грунта;

$$\mathcal{J}_{\text{кр.}} = \frac{1}{\sqrt{\mathcal{D}_0^{\text{макс.}}}} - 0,75. \qquad (21)$$

27. Если условие (19) не выполняется, то зерновой состав фильтра следует изменить по $\mathcal{D}_0^{\text{макс.}}$.

Для нахождения нового состава фильтра определяется значение $\mathcal{D}_0^{\text{макс.}}$ по зависимости:

$$\mathcal{D}_0^{\text{макс.}} \leqslant \frac{1,45}{(\mathcal{J}_{\text{п}}^{\text{р}}+0,90)^2}\ , \text{см.} \qquad (22)$$

Новый состав первого слоя фильтра, максимальный размер пор которого соответствует зависимости (22), будет удовлетворять основному условию (18) и условию (19).

28. Определение размеров фракций фильтра несуффозионного 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 $Д_{50}$.

30. По расчетному размеру диаметра фракции фильтра $Д_{50}$ проверяется пригодность зернового состава фильтра по непроспаемости в поры каменной наброски или раскрывшуюся щель железобетонного крепления.

Это условие выражается следующими зависимостями:

– для крепления из каменной наброски:

$$Д_{50} \geqslant 0,55\cdot\mathcal{D}_0^{\text{кн}}, \qquad (23)$$

где $\mathcal{D}_0^{\text{кн}}$ – 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:

$$\mathcal{D}_0^{\text{кн}} \leqslant 1,8\ Д_{50}\ ; \qquad (24)$$

– для щели $b_{\text{щ}}$ железобетонного крепления: $Д_{50} \geqslant 0,55\cdot b_{\text{щ}}$. (25)

31. В случаях, когда зерновой состав фильтра не удовлетворяет зависимостям (23) и (25), следует изменить значение коэффициента разнозернистости $\eta_{\text{ф}}$ в большую сторону, но в пределах $\eta_{\text{ф}}^{\text{доп.}} \leqslant 50$ 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

32. В соответствии с п.п.23 и 24 определяется значение $D_0^{расч.}$ для грунта обратного фильтра.

33. По фактической кривой зернового состава карьерного грунта, предназначенного для укладки в обратный фильтр, определяется диаметр фракции $Д_{I7}$.

34. Определяется значение максимального размера пор в карьерном грунте:

$$D_0^{макс.} = \varkappa \cdot C \cdot \frac{n_ф}{1-n_ф} \cdot Д_{17} ; \quad (26)$$

$$C = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_ф} ; \quad (27)$$

$$\varkappa = 0,35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_ф}). \quad (28)$$

35. Проверяется пригодность карьерного грунта для укладки в обратный фильтр по условиям (I8) и (I9).

36. Если эти условия, а также условие $\eta_ф \leqslant 50$, 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.

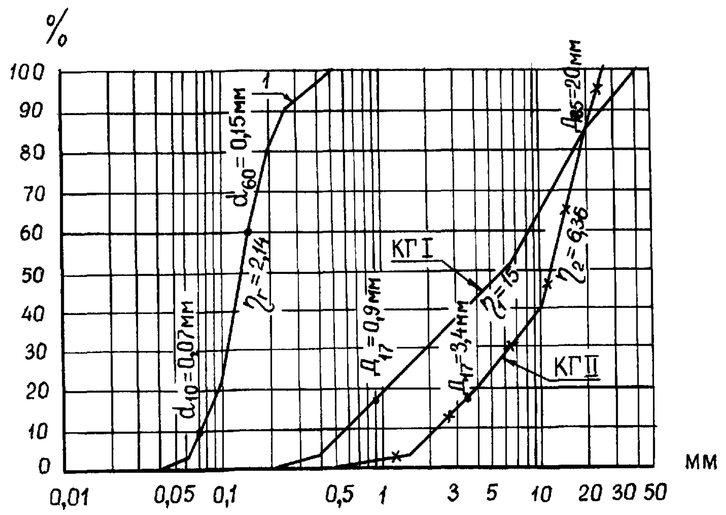
ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ГРУНТА I СЛОЯ ФИЛЬТРА ПОД КРЕПЛЕНИЕ ВЕРХОВОГО ОТКОСА ПЛОТИНЫ ПРИЛОЖЕНИЕ I8

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;

КГI и КГП –карьерные грунты для обратного фильтра.

а) Данные защищаемого грунта верхового откоса плотины:

- коэффициент разнозернистости $\eta_г = 2,I4$;
- пористость $n_г = 0,37$;
- размеры фракций: $d_5 = 0,06$ мм; $d_{I7} = 0,085$ мм;
  $d_{I0} = 0,07$ мм; $d_{60} = 0,I5$ мм.

б) Данные карьерных грунтов:

карьерный грунт (КГI):

- коэффициент разнозернистости $\eta_ф^I = I5$;
- пористость $n_ф^I = 0,29$;
- размеры фракций $Д_5^I = 0,45$ мм; $Д_{I7}^I = 0,9$ мм;
  $Д_{I0}^I = 0,60$ мм; $Д_{60}^I = 9$ мм;
  $Д_{85}^I = 20$ мм.

карьерный грунт (КГП):

- коэффициент разнозернистости $\eta_ф^{II} = 6,36$;
- пористость $n_ф^{II} = 0,33$;
- размеры фракций $Д_5^{II} = I,75$ мм; $Д_{I7}^{II} = 3,4$ мм;
  $Д_{I0}^{II} = 2,3$ мм; $Д_{60}^{II} = 3,8$ мм;
  $Д_{85}^{II} = 20$ мм.

2. Размер щели в железобетонном креплении может достигать $b_щ = I,0$см

3. При известном зерновом составе диаметр пор каменной наброски, определенный по зависимости (5) приложения I7, составляет $D_0^{кн} = 35$ мм.

4. Коэффициент верхового откоса $m_1 = 3$ ( $\beta = I8^0 26'$ ).

Задача расчета: выяснить пригодность карьерных грунтов КГI и КГП для укладки в обратный фильтр под крепление верхового откоса плотины.

I. Проверяется суффозионность грунта тела плотины (см. п.7 приложения 7):

$$\frac{d_5}{d_{17}} = \frac{0,06}{0,085} = 0,7I; \qquad N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta_г} \cdot (2+\sqrt{\eta_г}) \cdot \frac{n_г}{1-n_г};$$

$$N = 0,I \cdot \sqrt[6]{2,I4}\ (2+\sqrt{2,I4}) \cdot \frac{0,37}{1-0,37} = 0,23;$$

$$\frac{d_5}{d_{17}} > N \quad (0,7I > 0,23).$$

Защищаемый грунт несуффозионный.

2283/2



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

2. Назначается расчетный размер сводообразующих фракций несуффозионного защищаемого грунта $d_г^{расч.}$ по графику черт.4 приложения I5.

При $\eta_г$ = 2,I4 и В = 5 для песчано-гравелистого материала $P_{сг}$ = = 60 %. На кривой зернового состава защищаемого грунта этому процентному содержанию соответствует

$$d_{сг}^{расч.} = d_{60} = 0,I5 \text{ мм}.$$

3. Коэффициент разнозернистости карьерных грунтов сравнивается с допустимыми значениями:

а) при несуффозионном защищаемом грунте $\eta_ф^{доп} \leqslant 25$;

б) для карьерного грунта КГI по фактическим данным: $\eta_ф^{I} = I5$; $\eta_ф^{I} < \eta_ф^{доп}$ (I5 < 25);

в) для карьерного грунта КГП по фактическим данным: $\eta_ф^{II} = 6,36$; $\eta_ф^{II} < \eta_ф^{доп}$ (6,36 < 25).

Таким образом, по коэффициенту разнозернистости карьерные грунты КГI и КГП пригодны для использования в обратный фильтр.

4. Карьерные грунты должны быть несуффозионными. Это условие выражается зависимостью:

$$\frac{Д_5}{Д_{I7}} \geqslant N; \qquad N = 0,1 \cdot \sqrt[6]{\eta_ф} \cdot (2+\sqrt{\eta_ф}) \cdot \frac{n_ф}{1-n_ф};$$

а) карьерный грунт КГI:

$$\frac{Д_5^{I}}{Д_{I7}^{I}} = \frac{0,45}{0,9} = 0,50; \qquad n_ф^{I} = 0,29;$$

$$N = 0,I \cdot \sqrt[6]{I5}\,(2+\sqrt{I5}) \cdot \frac{0,29}{I-0,29} = 0,376 \approx 0,38;$$

$0,50 > 0,38$.

б) карьерный грунт КГП:

$$\frac{Д_5^{II}}{Д_{I7}^{II}} = \frac{I,75}{3,4} = 0,5I; \qquad n_ф^{II} = 0,33;$$

$$N = 0,I \cdot \sqrt[6]{6,36}\,(2+\sqrt{6,36}) \cdot \frac{0,33}{I-0,33} = 0,303 \approx 0,30;$$

$0,5I > 0,30$.

Оба карьерных грунта несуффозионны и поэтому годятся для обратного фильтра под крепление верхового откоса.

5. Проверяется условие непросыпаемости фильтра в поры каменной наброски или в щель железобетонного крепления по условиям:

$Д_{85}^{расч.} \geqslant 0,55 \cdot D_0^{кн}$ или $Д_{85}^{расч.} \geqslant 0,55 \cdot b_щ$ ;

а) карьерный грунт КГI:

$Д_{85}^{I} = 20$ мм; $0,55 \cdot D_0^{кн} = 0,55 \cdot 35 = I9,25$ мм;

$0,55 \cdot b_щ = 0,55 \cdot I0 = 5,5$ мм;

$Д_{85}^{I} > 0,55 \cdot D_0^{кн}$ (20 > I9,25);

$Д_{85}^{I} > 0,55 \cdot b_щ$ (20 > 5,5);

б) карьерный грунт КГП:

$Д_{85}^{II} = 20$ мм; $0,55 \cdot D_0^{кн} = I9,25$ мм; $0,55 \cdot b_щ = 5,5$ мм;

$Д_{85}^{II} > 0,55 \cdot D_0^{кн}$ (20 > I9,25);

$Д_{85}^{II} > 0,55 \cdot b_щ$ (20 > 5,5).

По условию непросыпаемости в поры каменной наброски или в щель железобетонного крепления оба карьерных грунта также пригодны для использования в обратный фильтр.

6. Проверяется условие непросыпаемости защищаемого грунта в фильтр:

$$d_{сг} > 0,55 \cdot D_0;$$

$$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{\eta_ф} \cdot \frac{n_ф}{1-n_ф} \cdot Д_{I7};$$

а) карьерный грунт КГI:

$D_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{I5} \cdot \frac{0,29}{I-029} \cdot 0,9 = 0,265$ мм; $d_{сг} = 0,I5$ мм;

$0,55 \cdot D_0 = 0,55 \cdot 0,265 = 0,I46$ мм;

$d_{сг} \approx 0,55 \cdot D_0$;

2283/2



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

б) карьерный грунт КГП:

$$\mathcal{D}_0 = 0,46 \cdot \sqrt[6]{6,36} \cdot \frac{0,33}{I-0,33} \cdot 3,4 = I,04 \text{ мм};$$

$$0,55 \cdot \mathcal{D}_0 = 0,55 \cdot I,04 = 0,57 \text{ мм};$$

$d_{cr} < 0,55 \cdot \mathcal{D}_0$ (0,I5 мм < 0,57 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 КГI 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 КГI не выполняется условие $\frac{d_5}{\mathcal{D}_0} > 0,7$, то есть имеем $\frac{0,06}{0,265} = 0,226 < 0,7$, то необходима дополнительная проверка на контактный размыв (см.п.I2 приложения I7).

$\mathcal{J}_п^р = I,35 \cdot \sin\beta = I,35 \cdot \sin I8^o26' = I,35 \times 0,3I62 = 0,43;$

$\beta = I8^o26'$ при $m_1 = 3;$

$d_{ci} = 0,077 \cdot (\sqrt{1 + 17 \cdot \sqrt{\varphi_1} \cdot \mathcal{J}_п^р} - 1) \cdot \mathcal{D}_0;$

$d_{ci} = 0,077 \cdot (\sqrt{I+I7xIx0,43} - I) \cdot 0,265 = 0,038$ мм;

$d_{ci} = 0,038$ мм < $d_5 = 0,06$ мм.

Проверка подтверждает надежность подобранного однослойного обратного фильтра из карьерного грунта КГI.

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:

– плотность сухого грунта при его укладке $\rho_d = I,7 \frac{г}{см^3}$;

– плотность частиц грунта $\rho_s = 2,7 \frac{г}{см^3}$;

– пористость $n_г = 0,37$;

– число пластичности $\mathcal{J}_р = I2\ \%$;

– верхний предел пластичности $w_L = 35,46\ \%$;

– нижний предел пластичности $w_р = 2I,48\ \%$;

– содержание глинистых частиц $d < 0,005$ мм – I5 %;

– содержание пылеватых частиц от 0,05 до 0,005 мм – 20 %.

2. Данные по карьерному грунту:

$Д_{I0} = 8$ мм; $Д_{I7} = II$ мм; $Д_{60} = 34$ мм; $\eta_ф = 4,26$; $n_ф = 0,4$.

3. Коэффициент верхового откоса $m_1 = 3$ ($\beta = I8^o26'$).

Задача расчета: выяснить пригодность карьерного грунта для укладки в обратный фильтр под крепление верхового откоса.

I. Защищаемый грунт тела плотины следует считать связным грунтом ($\mathcal{J}_р = I2\ \% > 5\ \%$; $d < 0,05$ мм > 20 %), обладающим молекулярным сцеплением, так как выполняется условие I7 приложения I5:

$$\rho_d \geqslant \frac{\rho_s}{1+e_т}; \qquad e_т = \frac{\rho_s \cdot w_L}{100 \cdot \rho_б}; \qquad \rho_d = I,7 \frac{г}{см^3};$$

$$e_т = \frac{2,7 \times 35,46}{I00 \times I} = 0,96; \qquad \frac{\rho_s}{1+e_т} = \frac{2,7}{I+0,96} = I,38 \frac{г}{см^3};$$

$I,7 \frac{г}{см^3} > I,38 \frac{г}{см^3}$.

2. В соответствии с п.23 приложения I7 определяется расчетный градиент напора фильтрационного потока:

$\mathcal{J}_{расч.} = tg\,\beta$, $\mathcal{J}_{расч.} = tg\ I8^o26' = 0,33;$

3. Определяется расчетный размер пор фильтра по зависимости I7 приложения I7:

$$\mathcal{D}_0^{расч.} = \sqrt{\frac{2,25}{\mathcal{J}_{расч.}+1}}; \quad \mathcal{D}_0^{расч.} = \sqrt{\frac{2,25}{0,33+I}} = I,3 \text{ см}.$$

2283/2



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

4. По фактическим данным (кривая зернового состава) принимается значение размера фракции карьерного грунта $Д_{I7}$ = II мм.

5. Определяется значение максимального размера пор в карьерном грунте:

$$\mathcal{D}_0^{макс.} = \varkappa \cdot c \cdot \frac{n_\varphi}{1-n_\varphi} \cdot Д_{17}; \qquad \varkappa = 0{,}35 \cdot (2 + \sqrt{\eta_\varphi}); \quad c = 0{,}46 \cdot \sqrt[6]{\eta_\varphi};$$

$$\varkappa = 0{,}35 \cdot (2 + \sqrt{4{,}26}) = I{,}42;$$

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

$$\mathcal{D}_0^{макс.} = I{,}42 \times 0{,}58 \times \frac{0{,}40}{I-0{,}40} \cdot II = 6{,}03 \text{ мм}.$$

6. Производится проверка пригодности карьерного грунта по условию I8 приложения I7:

$$\mathcal{D}_0^{макс.} \leq \mathcal{D}_0^{расч.} \qquad (6{,}03 \text{ мм} < I3 \text{ мм}).$$

Условие удовлетворяется.

7. Проверяется прочность глинистого грунта на контактный размыв по условию I9 приложения I7:

$$\mathcal{J}_п^р = I{,}35 \cdot \sin\beta = I{,}35 \cdot \sin I8^\circ 26' = I{,}35 \cdot 0{,}3I62 = 0{,}43;$$

$$\mathcal{J}_{кр.} = \frac{I}{\sqrt{Д_0^{макс.}}} - 0{,}75; \qquad \mathcal{J}_{кр.} = \frac{I}{\sqrt{0{,}6}} - 0{,}75 = 0{,}54;$$

$$0{,}9 \cdot \mathcal{J}_{кр.} = 0{,}9 \times 0{,}54 = 0{,}49;$$

$\mathcal{J}_п^р < 0{,}9 \cdot \mathcal{J}_{кр.}$ (0,43 < 0,49). Условие удовлетворяется.

8. Коэффициент разнозернистости карьерного грунта

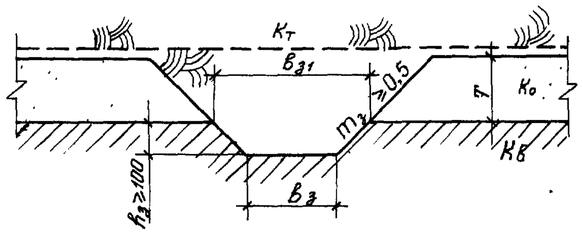
$$\eta_\varphi = 4{,}26 < \eta_\varphi^{доп} = 50.$$

Так как условия п.п6-8 выполняются, то карьерный грунт может быть использован в качестве первого слоя фильтра для защиты связного грунта верхового откоса плотины.

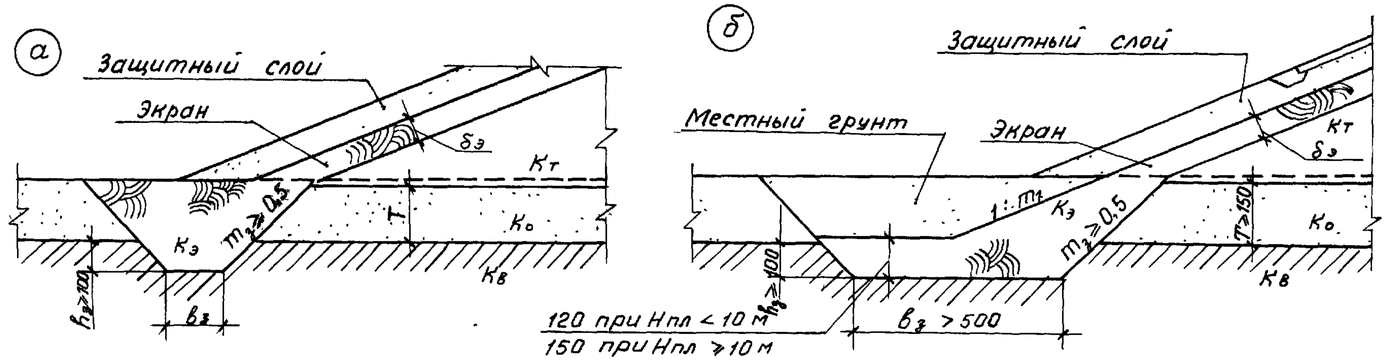
КОНСТРУКЦИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ С ОСНОВАНИЕМ
А. ПРИ ВОДОУПОРЕ, РАСПОЛОЖЕННОМ НА ГЛУБИНЕ Т ⩽ 3,0 м



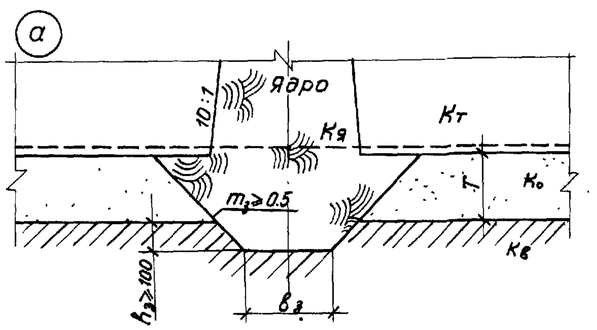
## I. ЗУБ ПЛОТИНЫ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

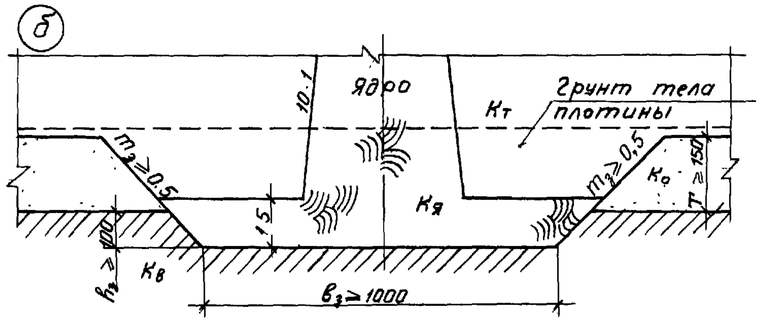



## 2. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

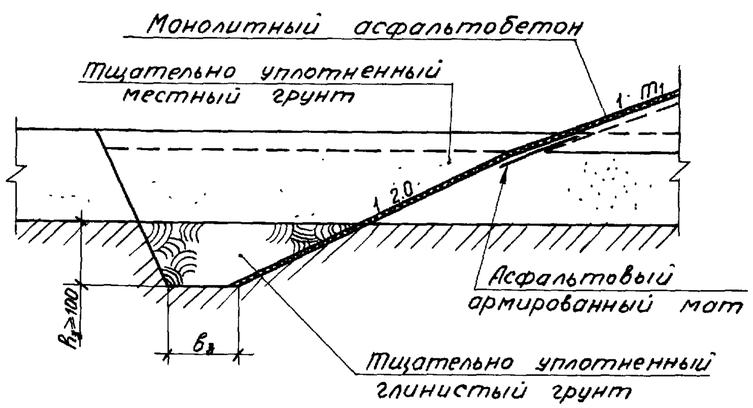



## 3. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ

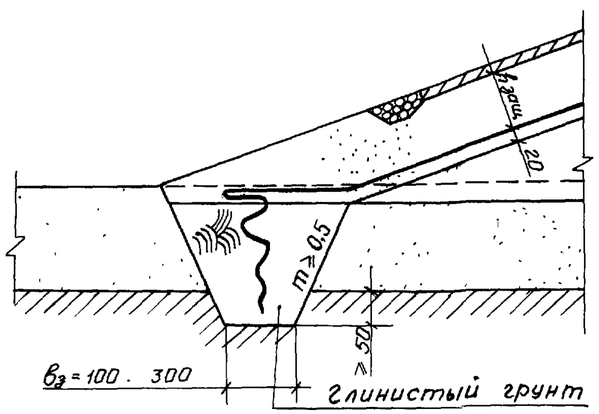


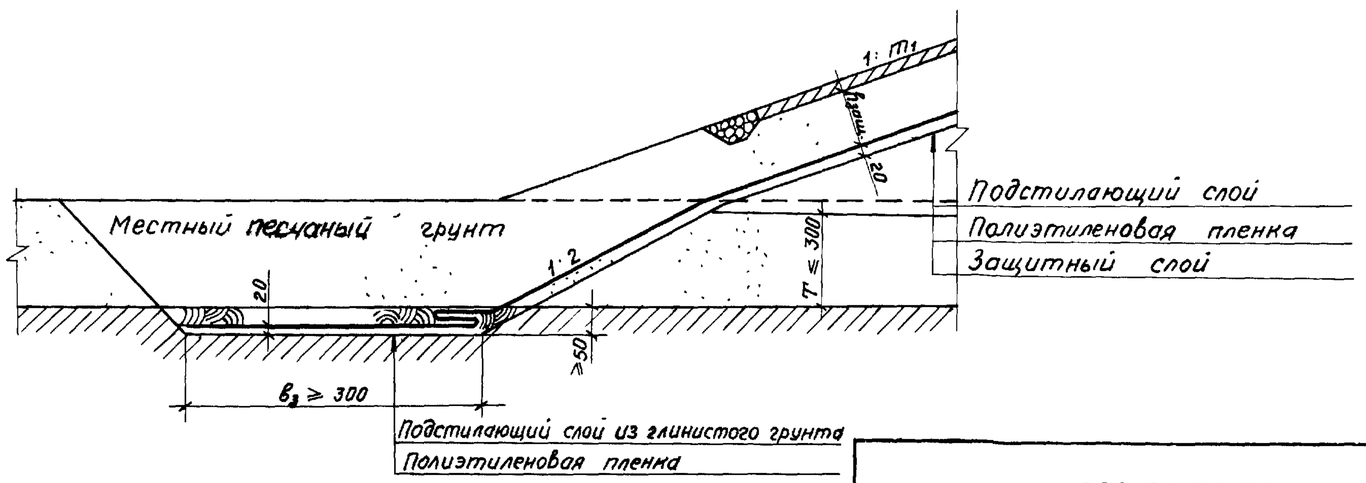




## 4. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА




## 5. ЗУБ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ



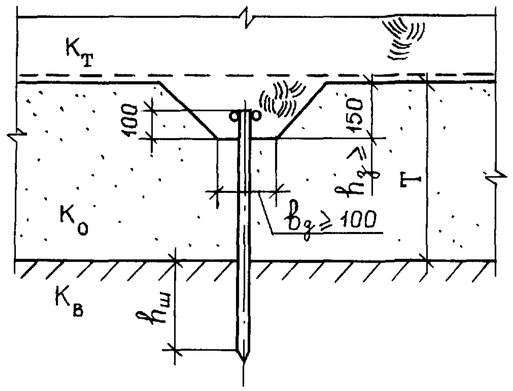

2283/2



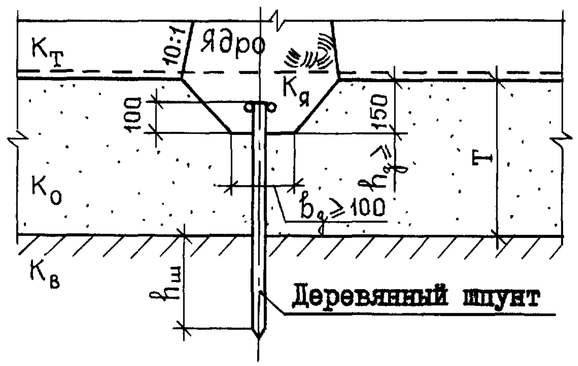
Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

## Б. ПРИ ВОДОУПОРЕ, РАСПОЛОЖЕННОМ НА ГЛУБИНЕ Т > 3,0 М

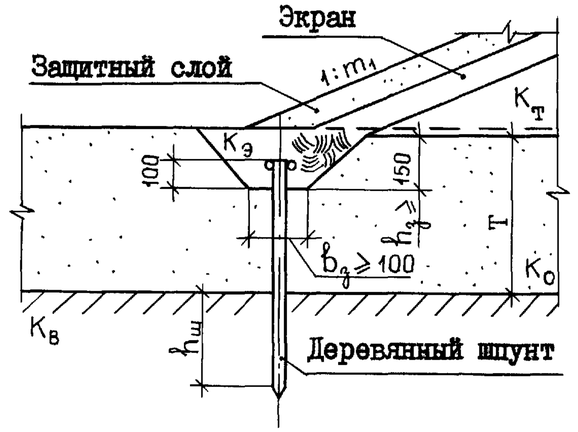
### ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ ИЗ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА



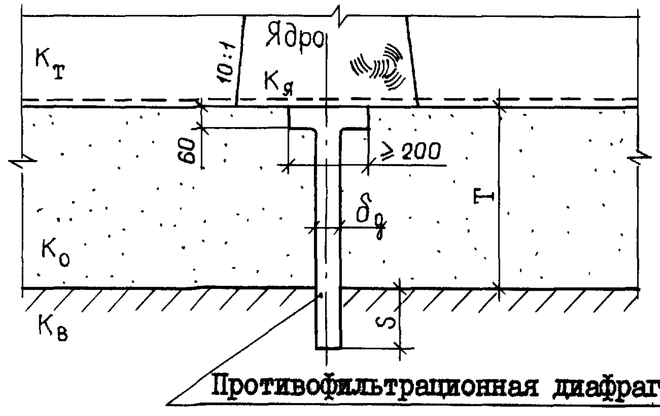

### ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ



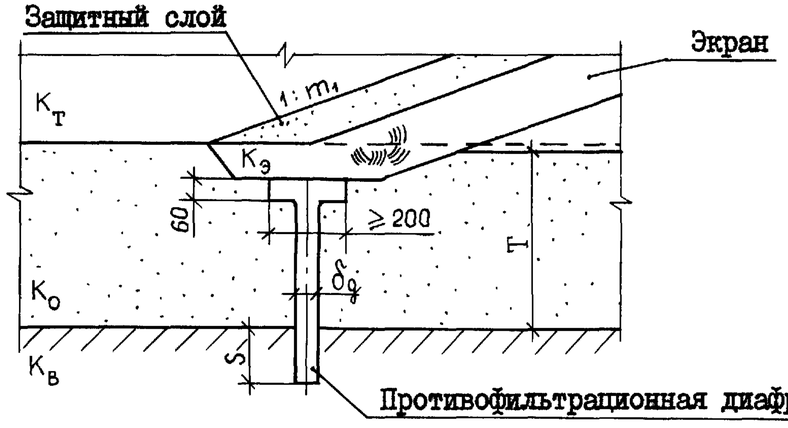

### ДЕРЕВЯННЫЙ ШПУНТ ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ




### ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ДИАФРАГМА ("СТЕНА В ГРУНТЕ") ПЛОТИНЫ С ЯДРОМ




### ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ДИАФРАГМА ("СТЕНА В ГРУНТЕ") ПЛОТИНЫ С ЭКРАНОМ




ВЕЛИЧИНА $b_{з_1}$ В МЕТРАХ

Таблица I

| Грунт тела плотины | $K_о/K_т$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$, м | | | | | | | | |
| | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| 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 | I3,0 | 4,0 | 8,5 | I3,5 |

ВЕЛИЧИНА $b_з$ В МЕТРАХ

Таблица 2

| Грунт водоупора | $K_о/K_т$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$, м | | | | | | | | |
| | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| Суглинок | I,0 | 5,0 | 9,0 | 2,5 | 8,5 | I4,5 | 3,0 | 9,0 | I5,0 |
| Плотная глина | I,0 | I,0 | I,0 | I,0 | 3,5 | 7,0 | I,0 | 4,0 | 8,0 |

2283/2



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

ВЕЛИЧИНА $b_з$ В МЕТРАХ

Таблица 3

| Грунт водоупора | $K_o/K_т$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$,м | | | | | | | | |
| | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| Суглинок | 2,5 | 8,5 | I5,0 | 3,0 | 8,5 | I5,0 | 3,0 | 9,0 | I5,5 |
| Плотная глина | I,0 | 4,0 | 8,0 | I,0 | 4,5 | 8,5 | I,0 | 4,5 | 8,5 |

ВЕЛИЧИНЫ $h_ш$ И Т В МЕТРАХ

Таблица 4

| Грунт водоупора | Обозначение величин | $K_o/K_в$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$, м | | | | | | | | |
| | | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| Суглинок | $h_ш$ | I,0 | 3,0 | - | 2,5 | - | - | I,5 | 3,5 | - |
| | Т | 7,0 | 5,0 | - | 5,5 | - | - | 6,5 | 4,5 | - |
| Глина | $h_ш$ | I,0 | I,0 | I,0 | I,5 | 3,5 | 4,5 | I,0 | 2,0 | 3,5 |
| | Т | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 7,0 | 6,0 | 4,5 |

ВЕЛИЧИНЫ $h_ш$ И Т В МЕТРАХ

Таблица 5

| Грунт водоупора | Обозначение величин | $K_o/K_в$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$, м | | | | | | | | |
| | | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| Суглинок | $h_ш$ | 2,0 | - | - | 2,5 | - | - | I,5 | 3,5 | - |
| | Т | 6,0 | - | - | 5,5 | - | - | 6,5 | 4,5 | - |
| Глина | $h_ш$ | I,0 | 3,0 | 4,5 | I,5 | 3,5 | - | I,0 | 2,0 | 3,5 |
| | Т | 7,0 | 5,0 | 3,5 | 6,5 | 4,5 | - | 7,0 | 6,0 | 4,5 |

ВЕЛИЧИНА S В МЕТРАХ

Таблица 6

| Грунт водоупора | $\delta_з$ | $K_o/K_в$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I0 | | | 50 | | | ⩾ I00 | | |
| | | Высота плотины $H_{пл}$/напор $H_н$,м | | | | | | | | |
| | м | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 | 5/3,5 | I0/8 | I5/I3 |
| Глина | 0,5 | I,0 | 2,5 | 4,0 | I,5 | 3,0 | - | I,5 | 3,0 | - |
| | I,0 | I,0 | 2,0 | 4,0 | I,0 | 2,5 | 4,5 | I,0 | 3,0 | 4,5 |

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. 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 $2^б$ и $3^б$ выполняются при технико-экономическом обосновании целесообразности их, по сравнению с типами $2^а$ и $3^а$.

3. Коэффициент откосов траншеи для зуба $m_з$ 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 $b_з$ и $b_{з1}$ назначается по табл.I, 2, 3, при этом: а) для плотин из глинистых грунтов ширина зуба по основанию $b_з$, полученная по табл.2, уточняется: она принимается не менее ширины по основанию зуба, определяемой с учетом величины $b_{з1}$ (см.табл.I); б) для плотин с экраном или ядром при определении $b_з$ по табл.3 за величину $K_o$ следует принимать наибольшее из значений коэффициентов фильтрации водопроницаемого основания или тела плотины. Таблицы I, 2 и 3 применимы для глубины залегания водоупора Т ⩽ 3,0 м.

6. Ширина зуба по основанию принимается переменной по длине плотины в зависимости от изменения напора.

7. Глубина забивки шунта в слабоводопроницаемый грунт основания $h_ш$ и предельная толщина водопроницаемого слоя основания Т, при которой практически возможно устройство деревянной шунтовой стенки, заведенной в водоупор, приведены; для плотин из глинистых грунтов – в табл.4; для плотин с экраном или ядром – в табл.5. При определении Т максимальная глубина забивки деревянного шунта принята 6,5 м, глубина зуба – I,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 $\delta_д$ принята 0,5 и I,0 м, $Т=Н_{пл}$.

9. Объемы работ по устройству зуба приведены в приложении 2I. Конструкция деревянного шунта см.на листе 4I.

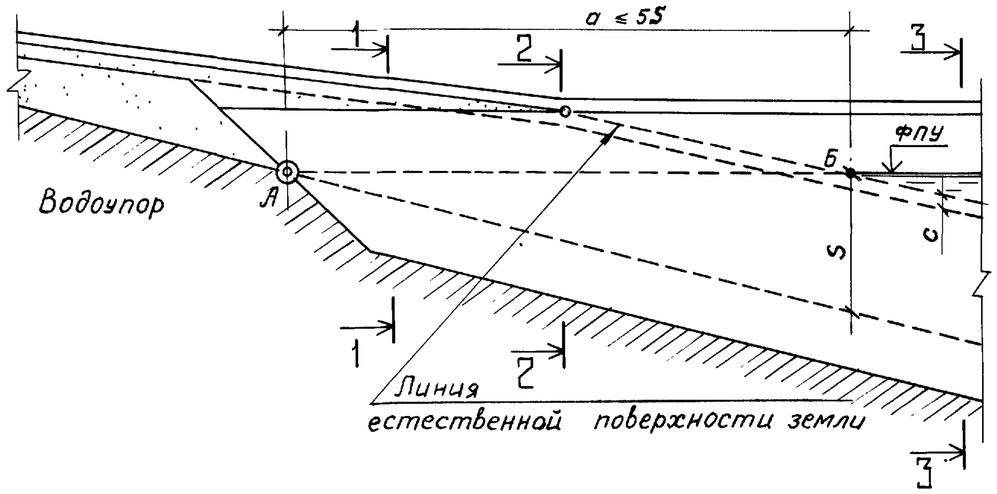
I0. Размеры на чертеже даны в сантиметрах.

КОНСТРУКЦИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ С БЕРЕГОМ

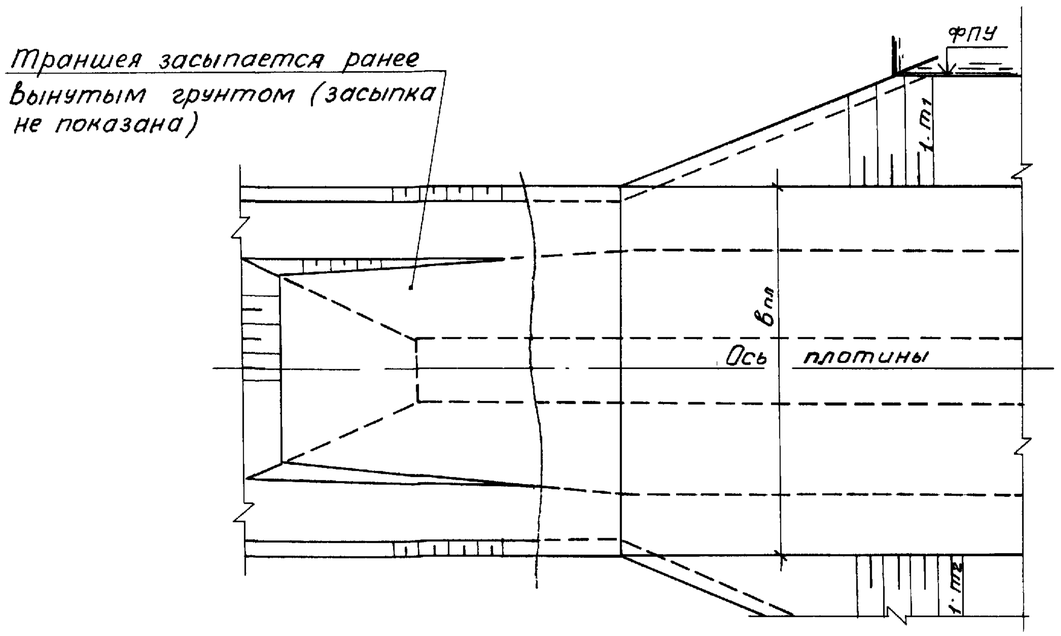


## I. ПЛОТИНА ИЗ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

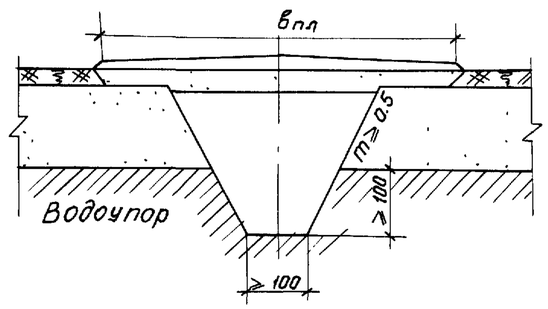
Разрез по оси плотины



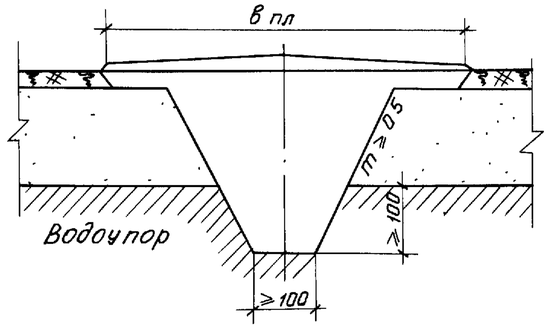

План



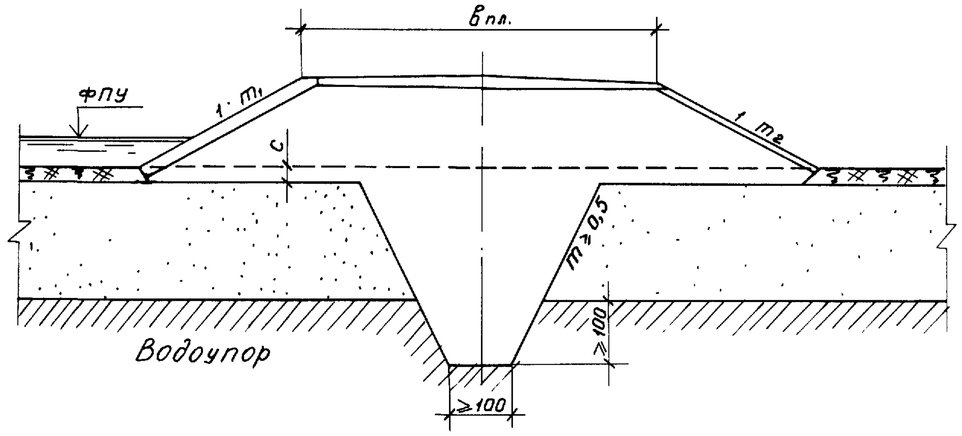

Разрез I–I




Разрез 2–2




Разрез 3–3



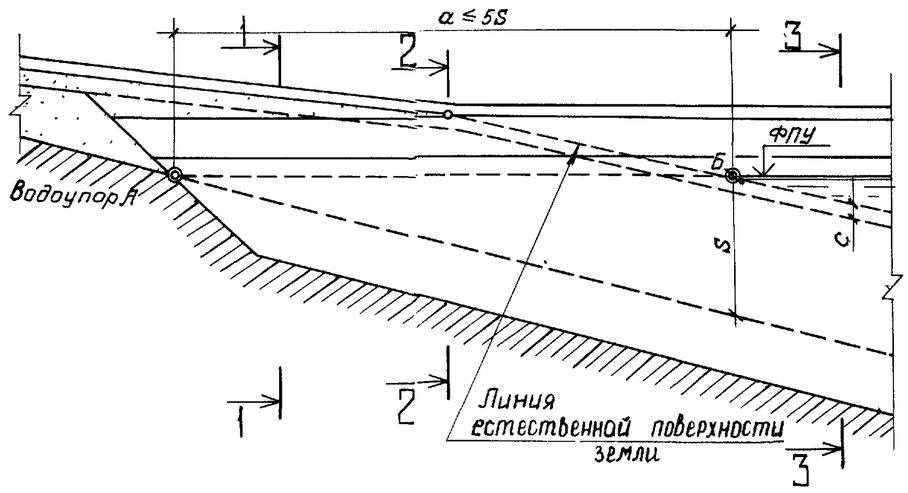

Примечания:

1. Конструкция сопряжения дана для случая основания, сложенного из песка или супеси легкой, и расположения водоупора на практически досягаемой 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.

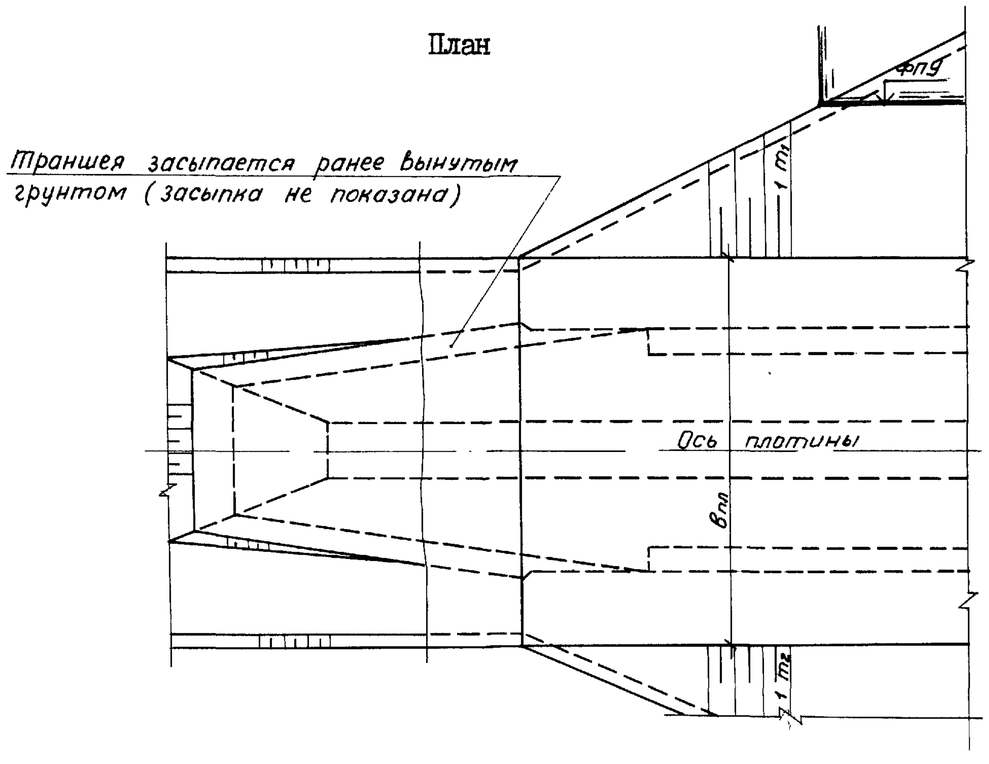
2283/2

## 2. ПЛОТИНА ИЗ ПЕСКА С ЯДРОМ

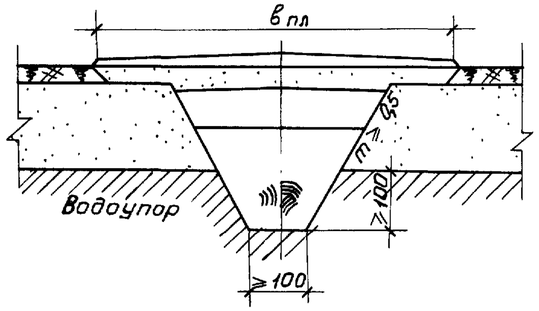
Разрез по оси плотины



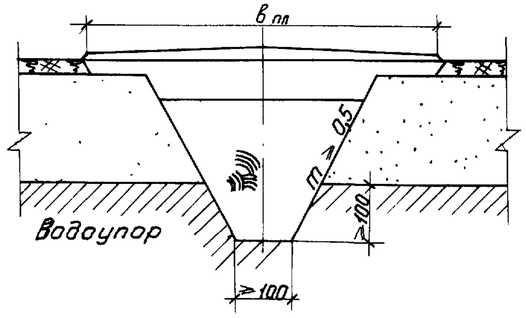

План



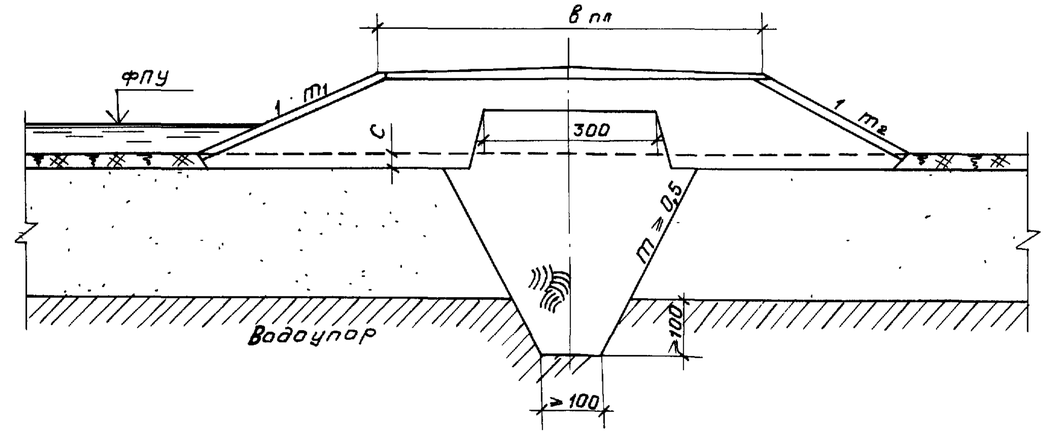

Разрез I–I




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 досягаемой 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.

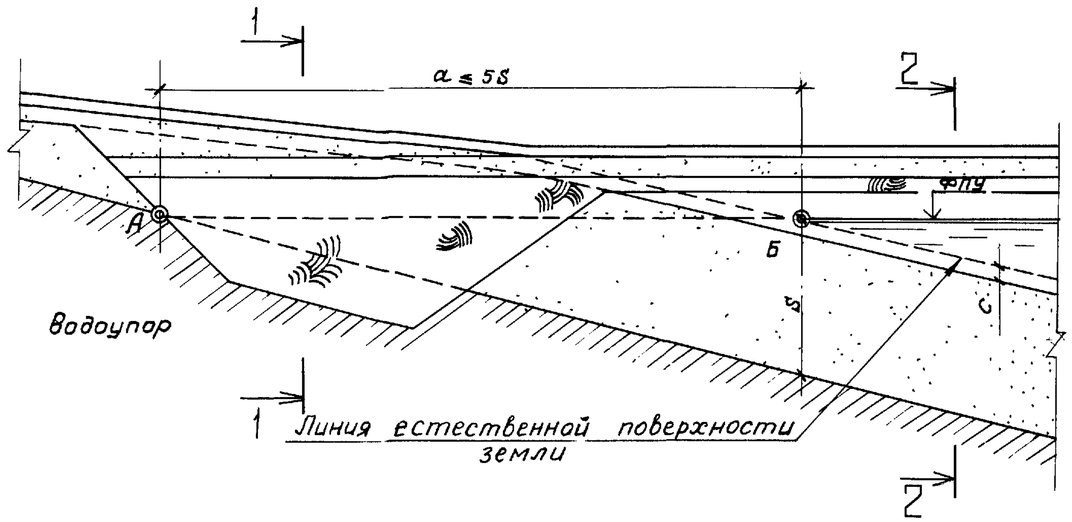
2283/2



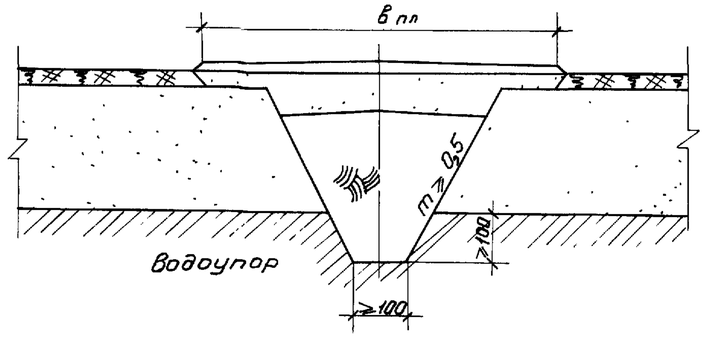
Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

# 3. ПЛОТИНА ИЗ ПЕСКА С ЭКРАНОМ ИЗ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

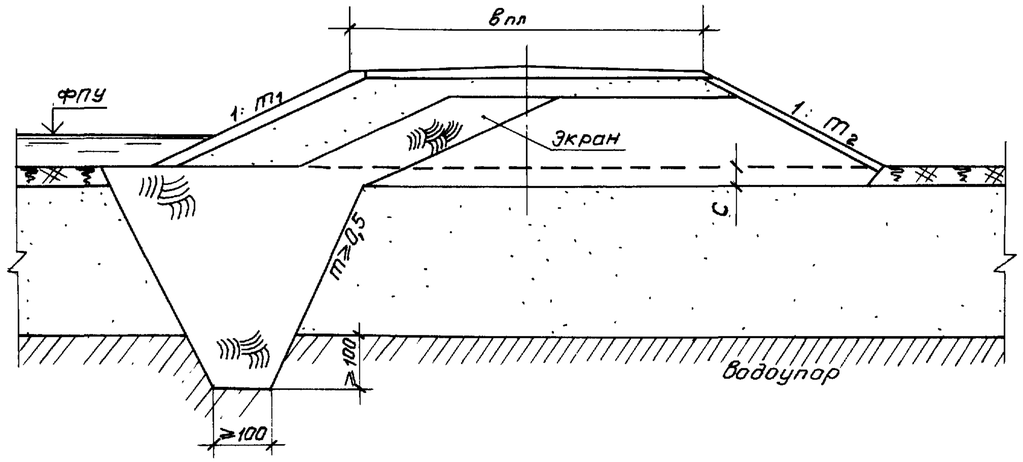
## Разрез по оси плотины



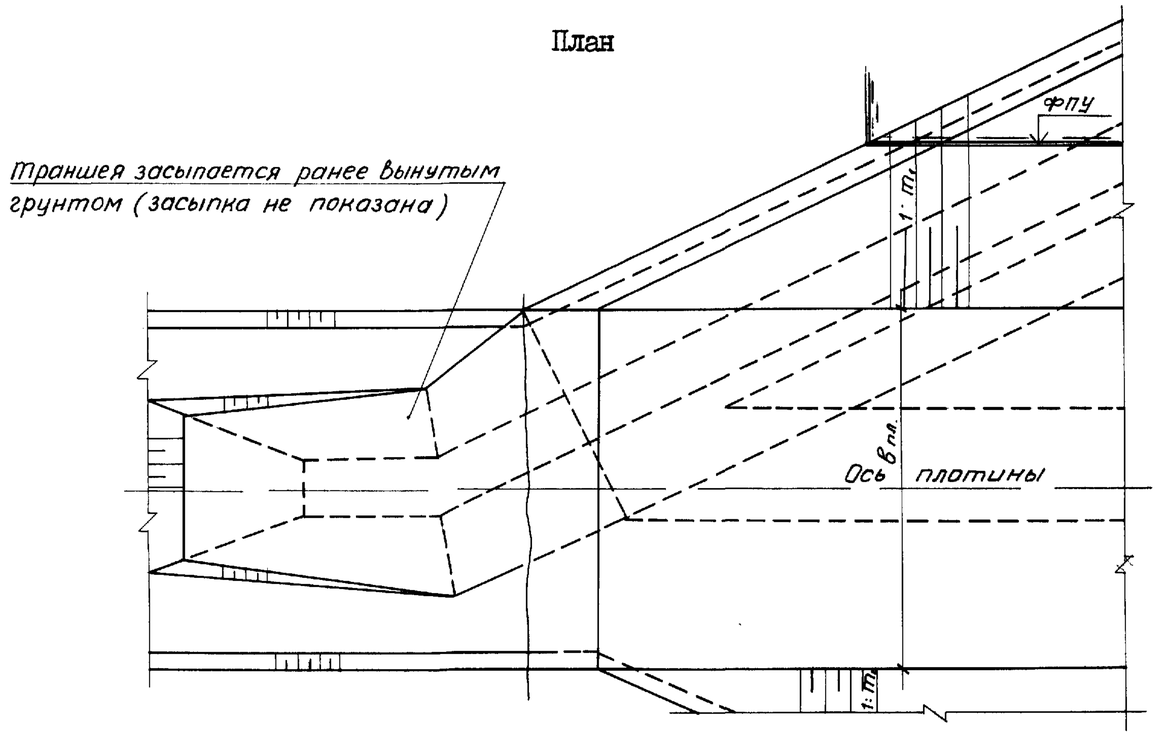

## Разрез I-I




## Разрез 2-2




## План




Примечания:

1. Конструкции сопряжений даны для случая основания, сложенного из песка или супеси легкой, и расположения водоупора на практически досягаемой глубине.
2. Экран врезается в берег на величину $a$, определяемую точкой пересечения линии ФПУ с водоупором (точка А).
3. Размеры на чертеже даны в сантиметрах.

2283/2

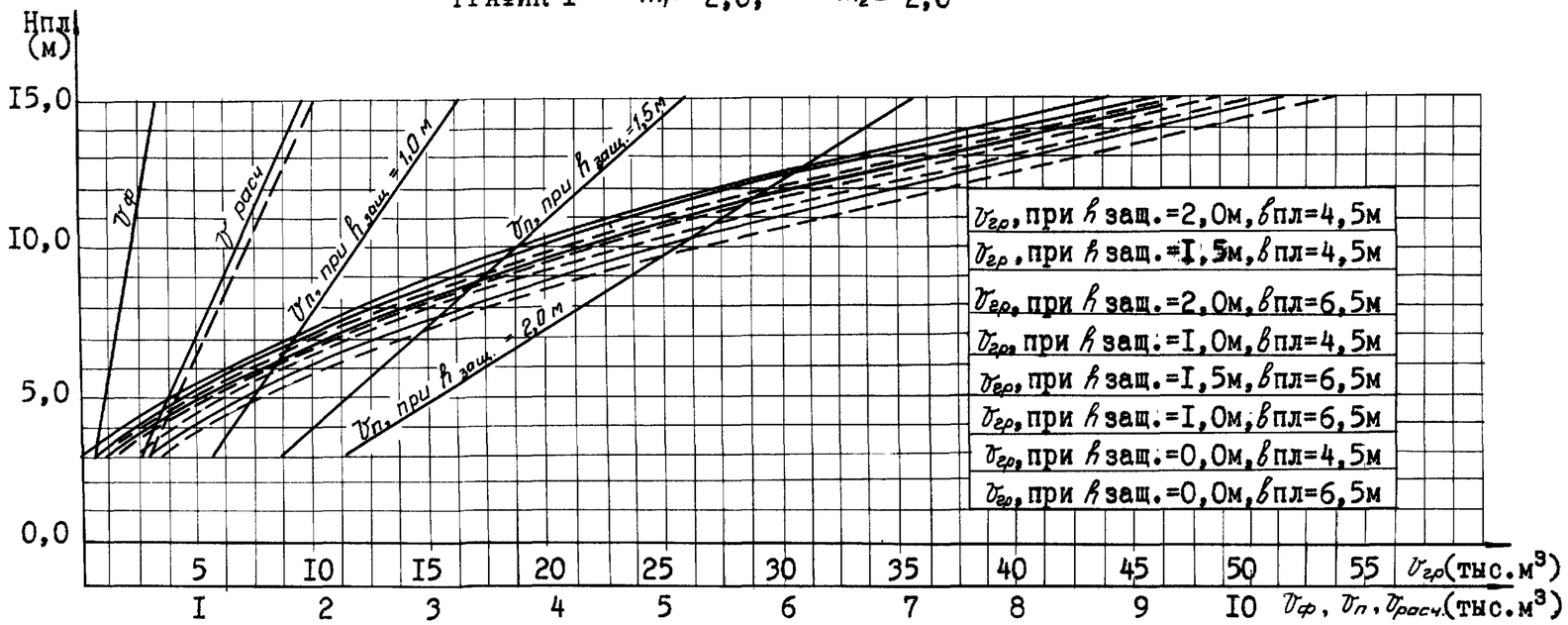


Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

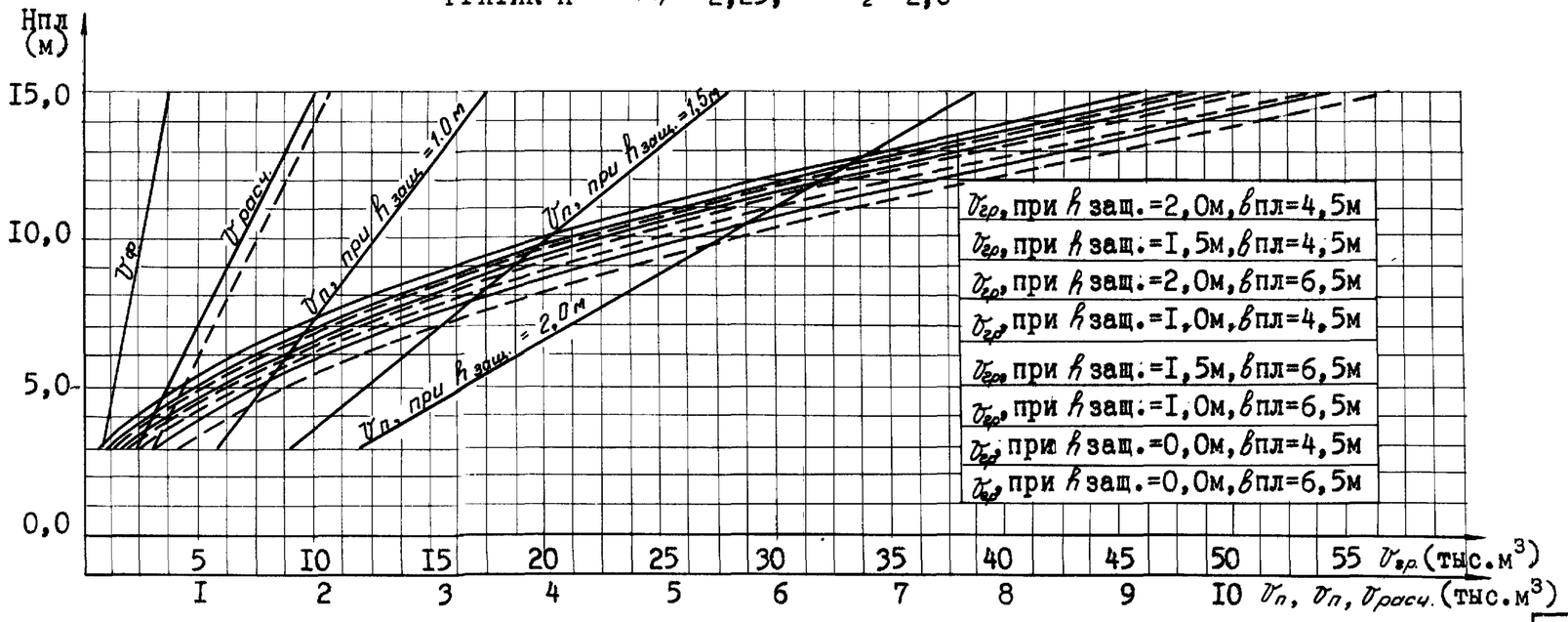
ПРИЛОЖЕНИЕ 21

## 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:

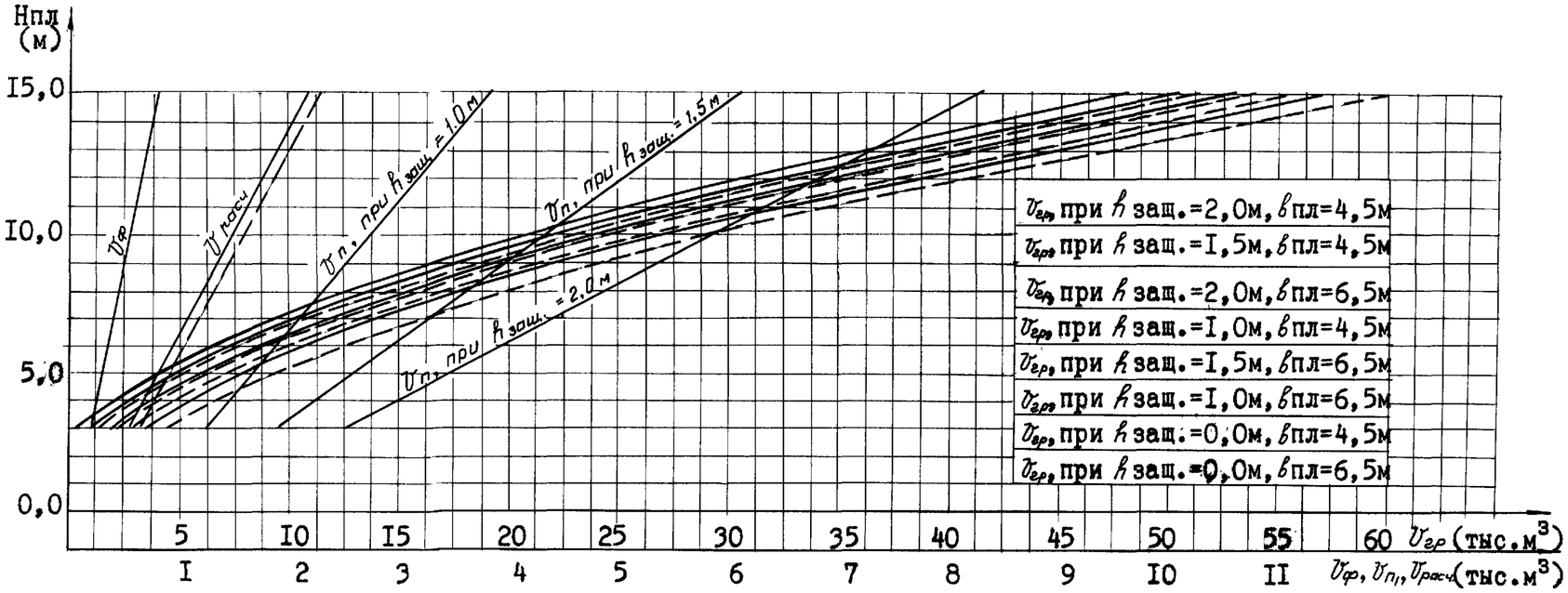
$V_{гр}$ – объем грунта тела плотины, включая растительный грунт на низовом откосе
$V_п$ – объем песка защитного слоя
$V_ф$ – объем фильтра (или песка) толщиной 0,2м под креплением
$V_{расч}$ – объем грунта расчистки основания
$V_я$ – объем грунта ядра
$V_э$ – объем грунта экрана
$h_{защ}$ – толщина защитного слоя
$h_{э.ср.}$ – 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 С=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

ГРАФИК III $m_1 = 2,5$; $m_2 = 2,0$




Объемы работ по устройству ядра

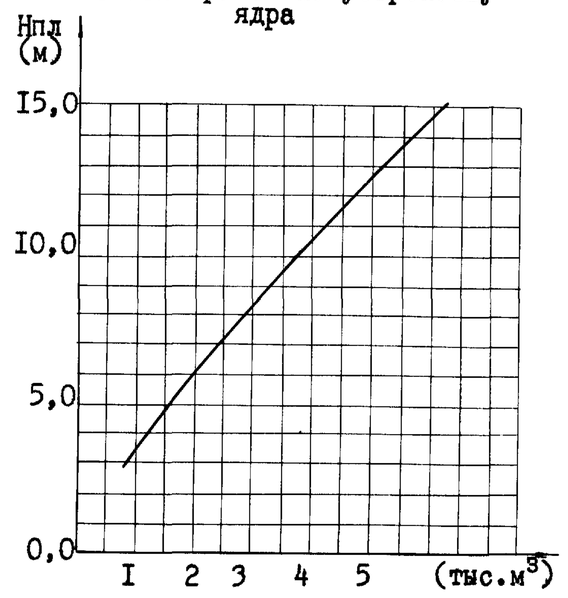
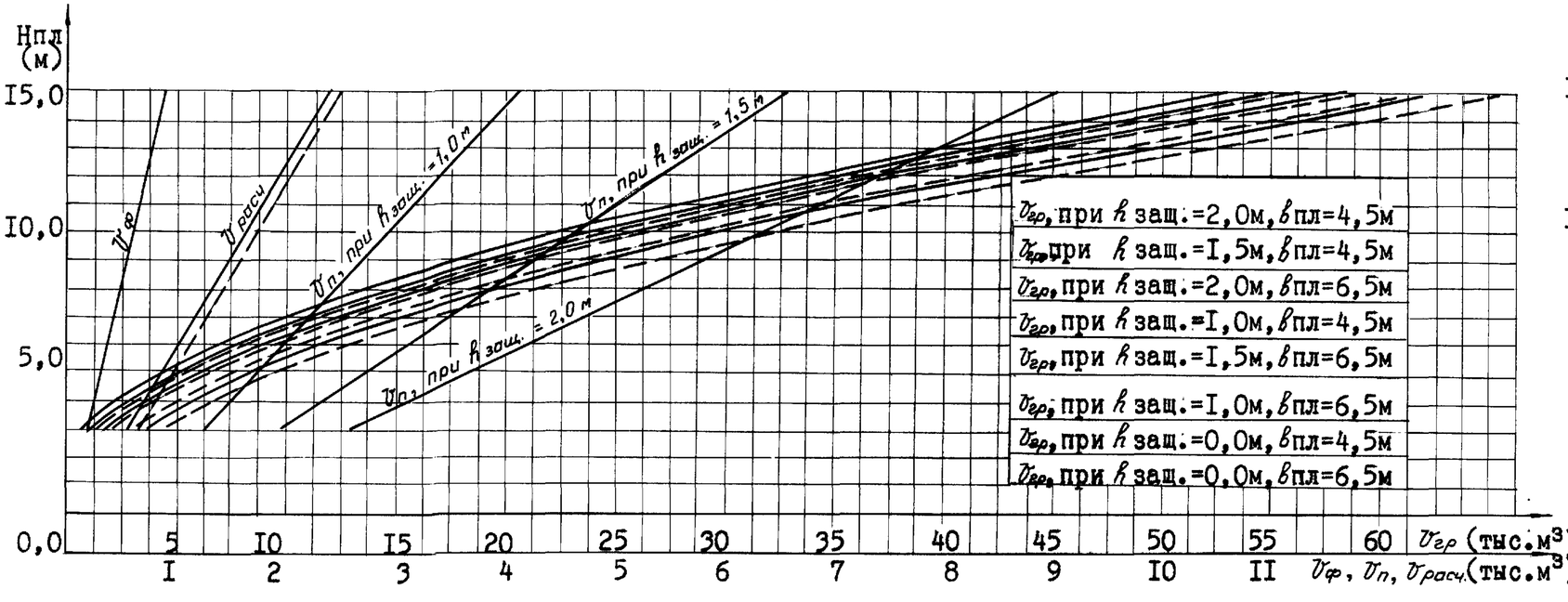
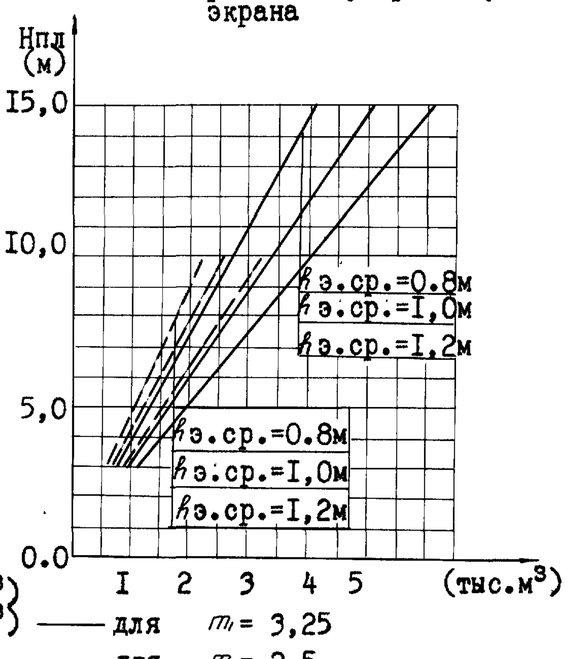



ГРАФИК IУ $m_1$=2,75; $m_2$=2,25




Объемы работ по устройству экрана




Условные обозначения и примечания см. на стр. 79

2283/2

ГРАФИК У $m_1$ = 3,0; $m_2$ = 2,25

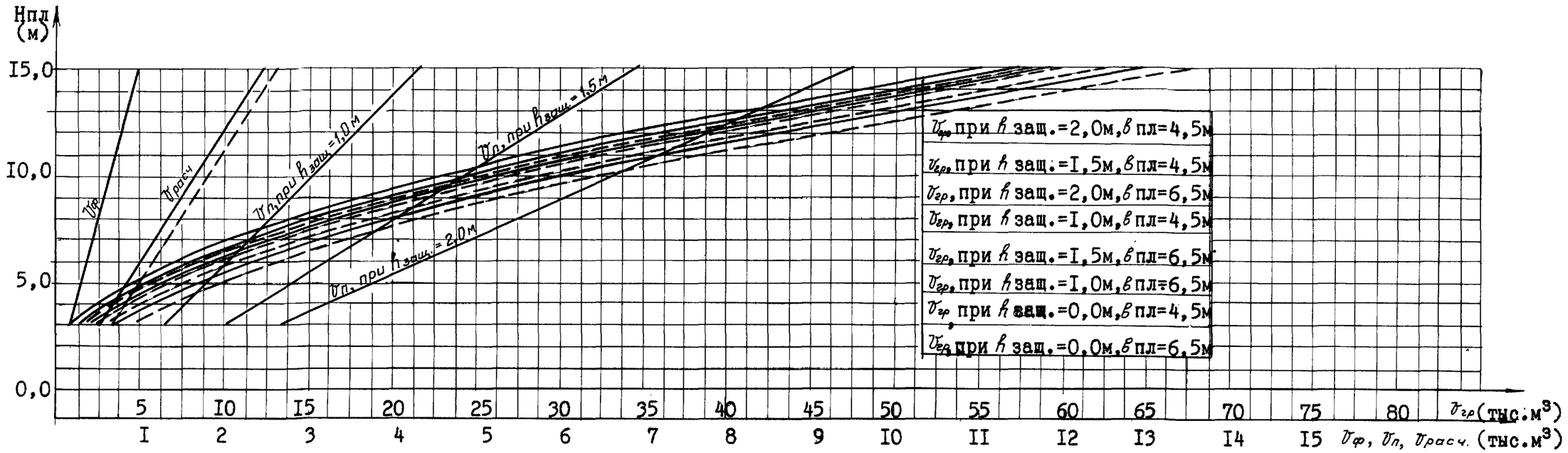
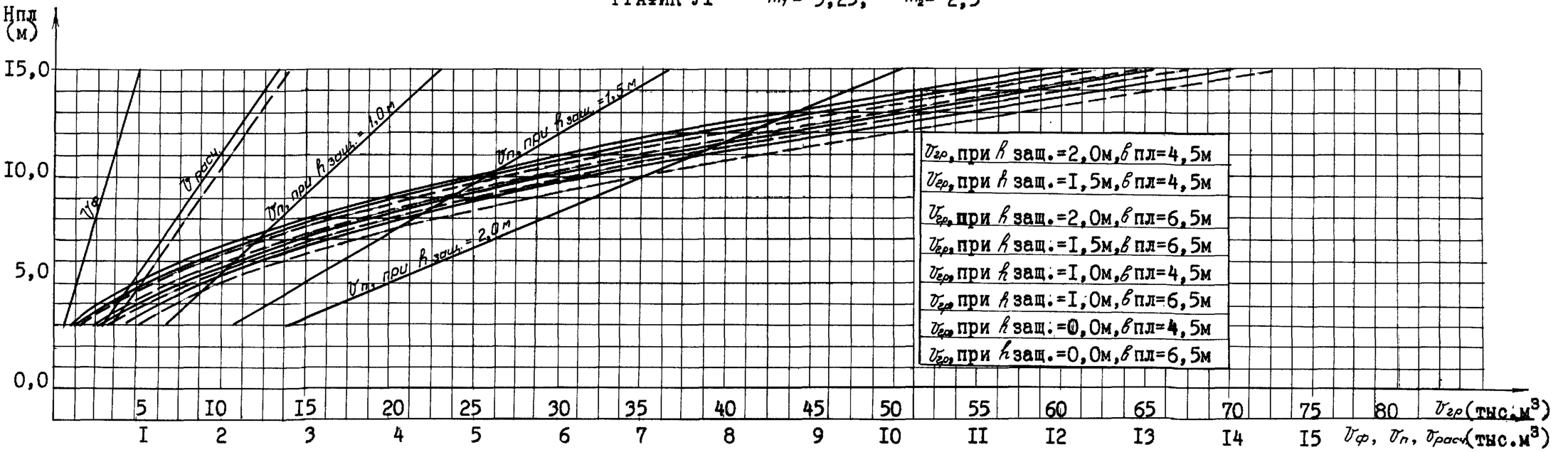



ГРАФИК УI $m_1$ = 3,25; $m_2$ = 2,5




Условные обозначения и примечания см. на стр.79

2283/2

ГРАФИК УП $m_1$ = 3,5 ; $m_2$ = 2,5

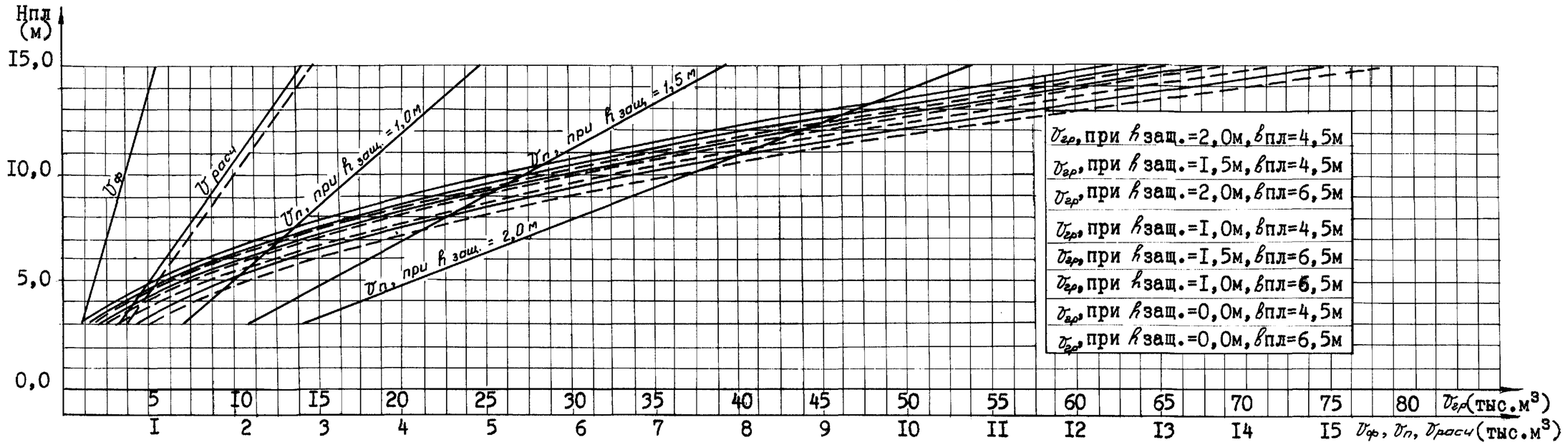
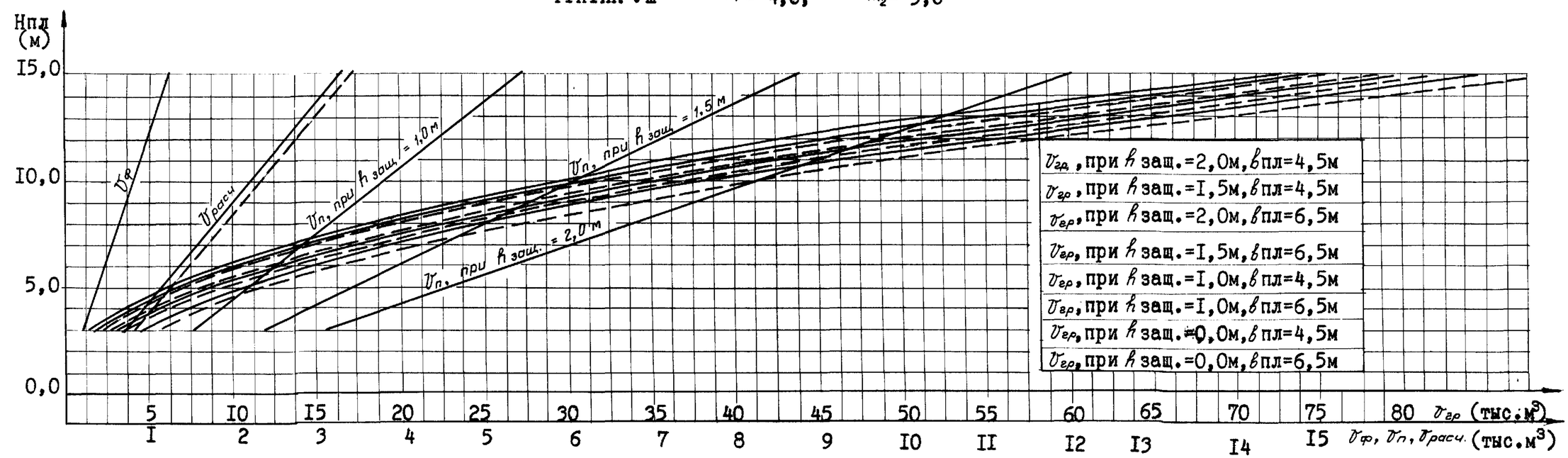



ГРАФИК УШ $m_1$ = 4,0; $m_2$ = 3,0



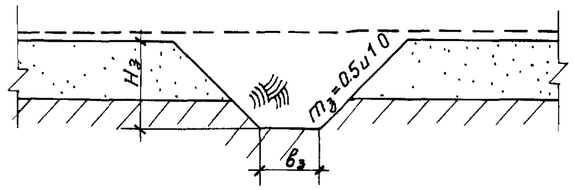

Условные обозначения и примечания см.на стр.79

2283/2

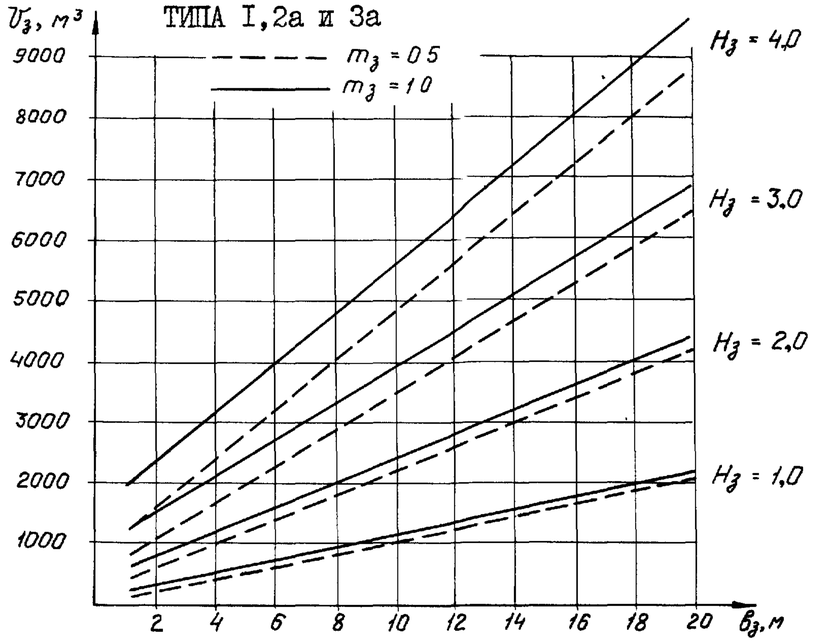


Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

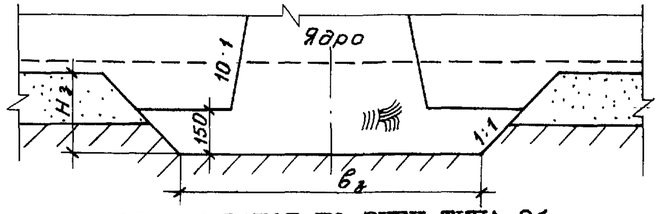
## ЗУБ ТИПА I, 2а И 3а




### ГРАФИКИ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА I, 2а и 3а




## ЗУБ ТИПА 3б

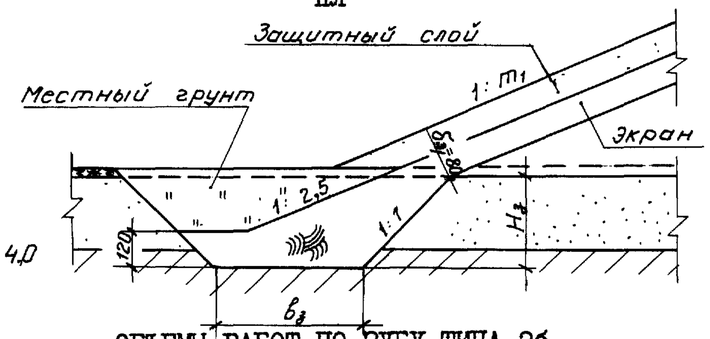



### ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 3б

| $H_з$, м | $в_з$, м | Объём выемки, м³ | Объём зуба, м³ |
|---|---|---|---|
| 3 | 10 | 3900 | 2650 |
| | 15 | 5400 | 3400 |
| | 20 | 6900 | 4150 |
| 4 | 10 | 5600 | 3290 |
| | 15 | 7600 | 4040 |
| | 20 | 9600 | 4790 |

## ЗУБ ТИПА 2б

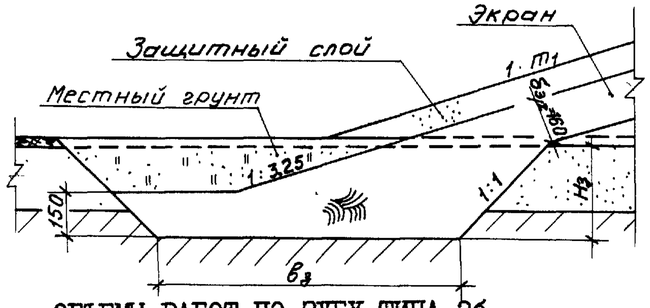
$H_{пл} < 10$ м




### ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 2б ПРИ $H_{пл} < 10$ м

| $H_з$, м | $в_з$, м | Объём выемки, м³ | Объём зуба, м³ |
|---|---|---|---|
| 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

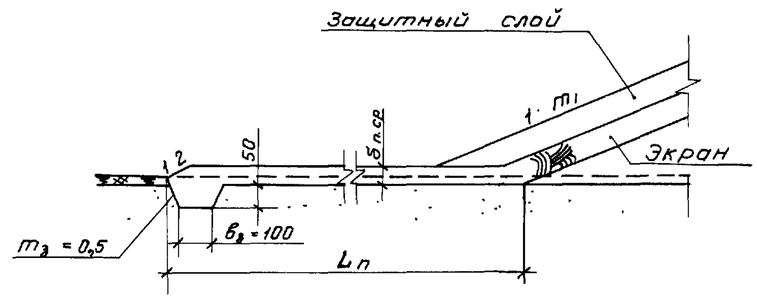



### ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ЗУБУ ТИПА 2б ПРИ $H_{пл} \geq 10$ м

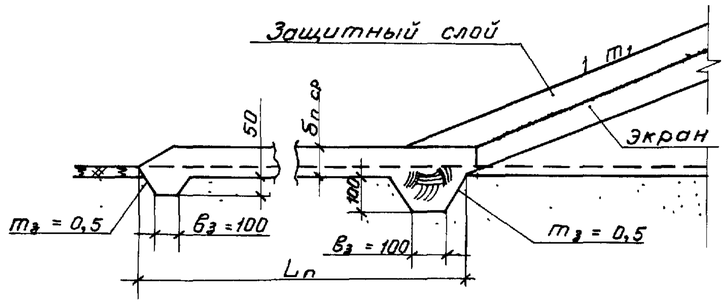
| $H_з$, м | $в_з$, м | Объём выемки, м³ | Объём зуба, м³ |
|---|---|---|---|
| 3 | 10 | 3900 | 2800 |
| | 15 | 5400 | 3550 |
| | 20 | 6900 | 4300 |
| 4 | 10 | 5600 | 3790 |
| | 15 | 7600 | 4540 |
| | 20 | 9600 | 5300 |

## ПОНУР

$H_{пл} \leq 5,0$ м




$H_{пл} > 5,0$ м




### ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО ПОНУРУ

| $H_{пл}$, м | $L_п$, м | $\delta_{п.ср.}$, м | Объём выемки, м³ | Объём понура, м³ |
|---|---|---|---|---|
| 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

2283/2



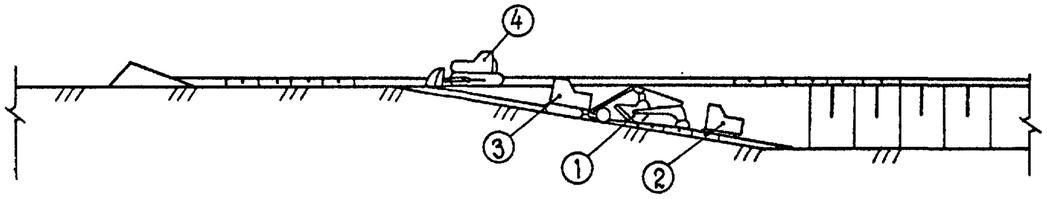
Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

# Схемы производства работ



Схема 1. Разработка грунта в карьере прицепным или самоходным скреперам

Разрез 1-1




План

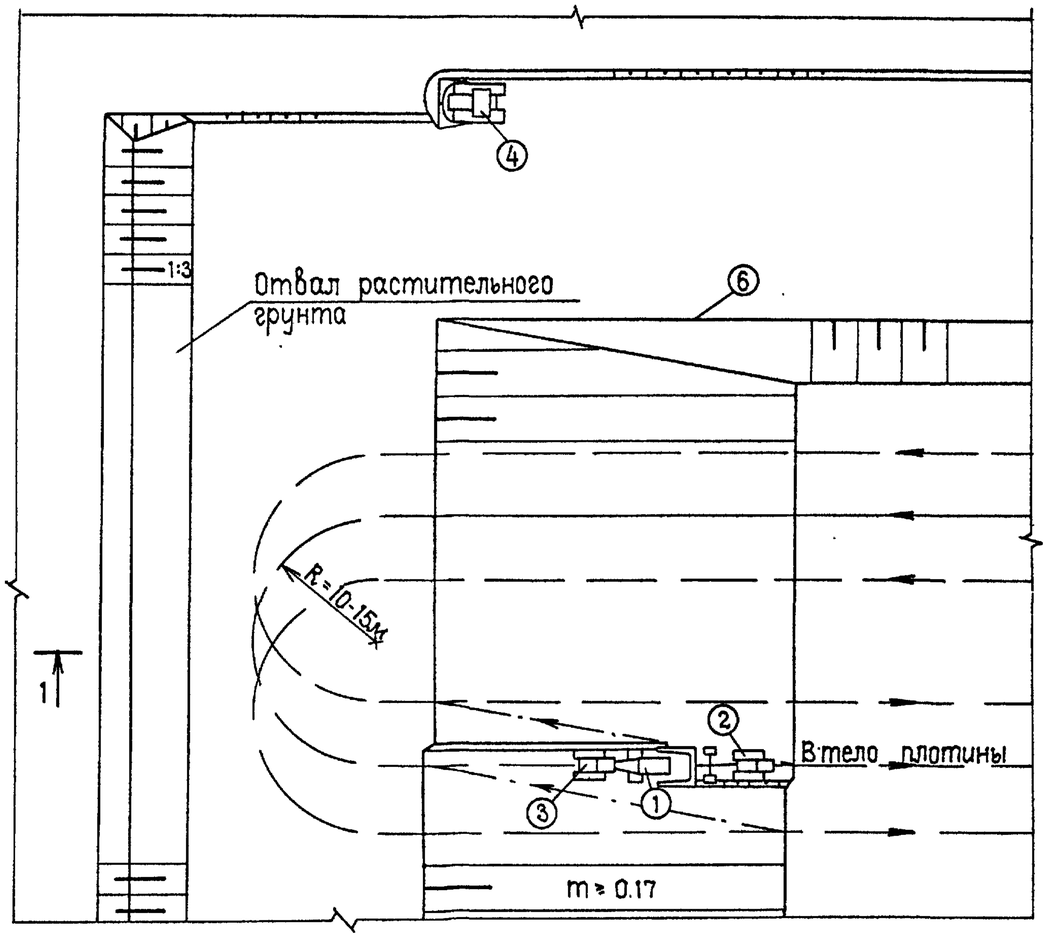
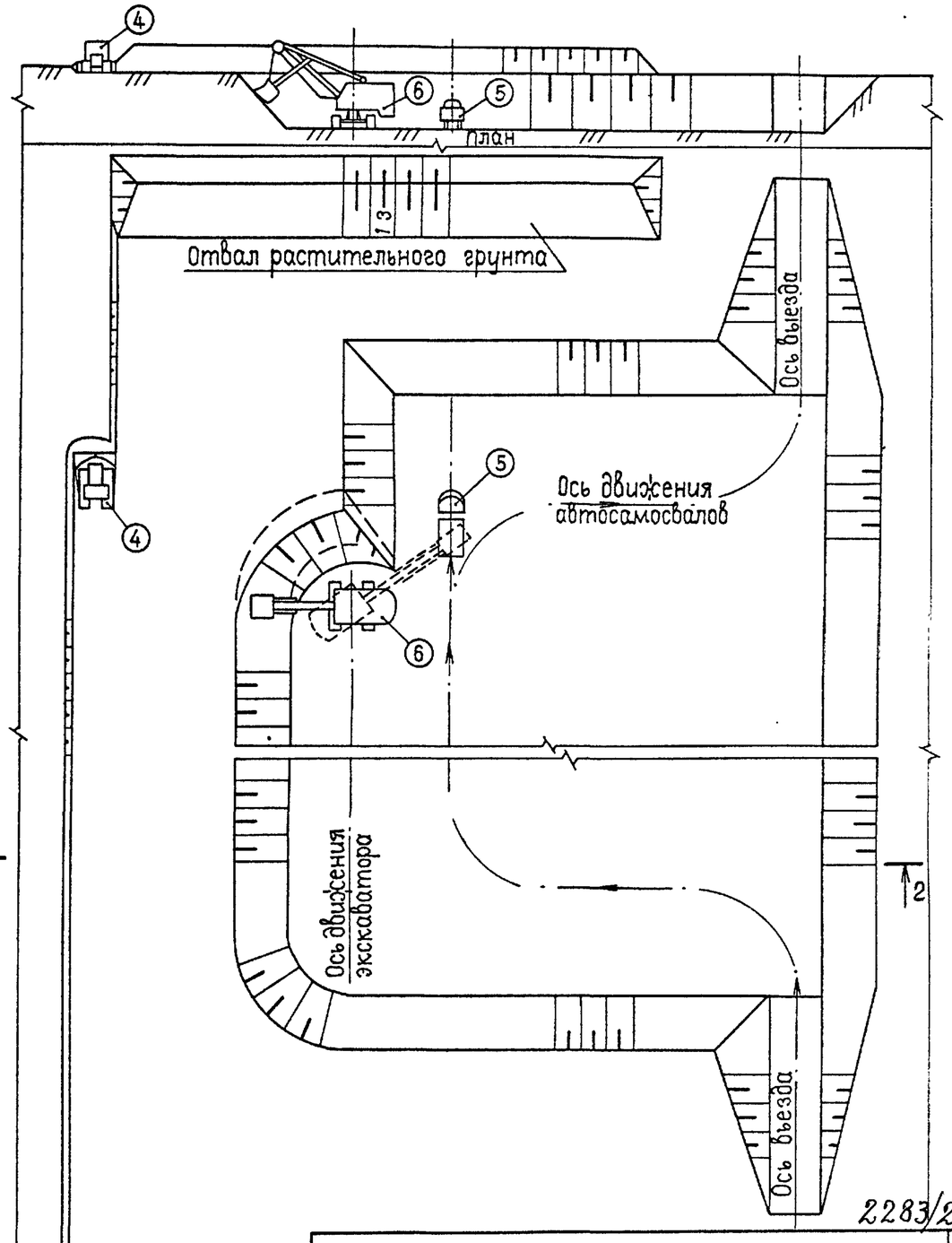



Схема 2. Разработка грунта в карьере экскаваторам - прямая лопата с погрузкой на самосвалы

Разрез 2-2




① - прицепной скрепер
② - трактор - тягач
③ - трактор - толкач
④ - бульдозер
⑤ - автосамосвал
⑥ - экскаватор - прямая лопата

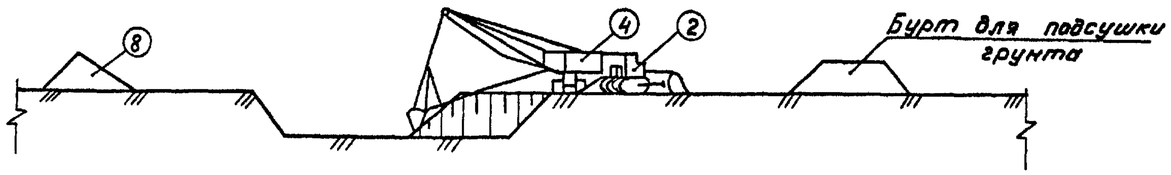
2283/2



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

Схема 3. Разработка переувлажненного грунта экскаватором-драглайном в отвал.

Разрез 1-1




План

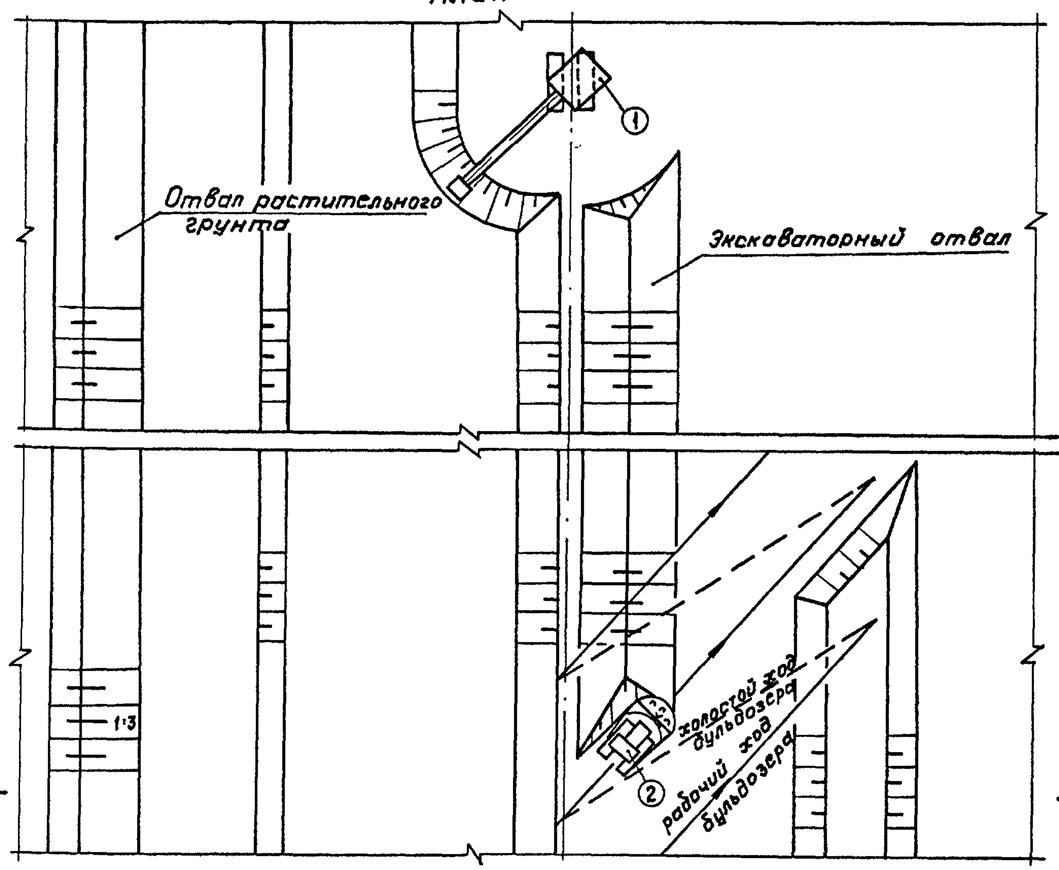
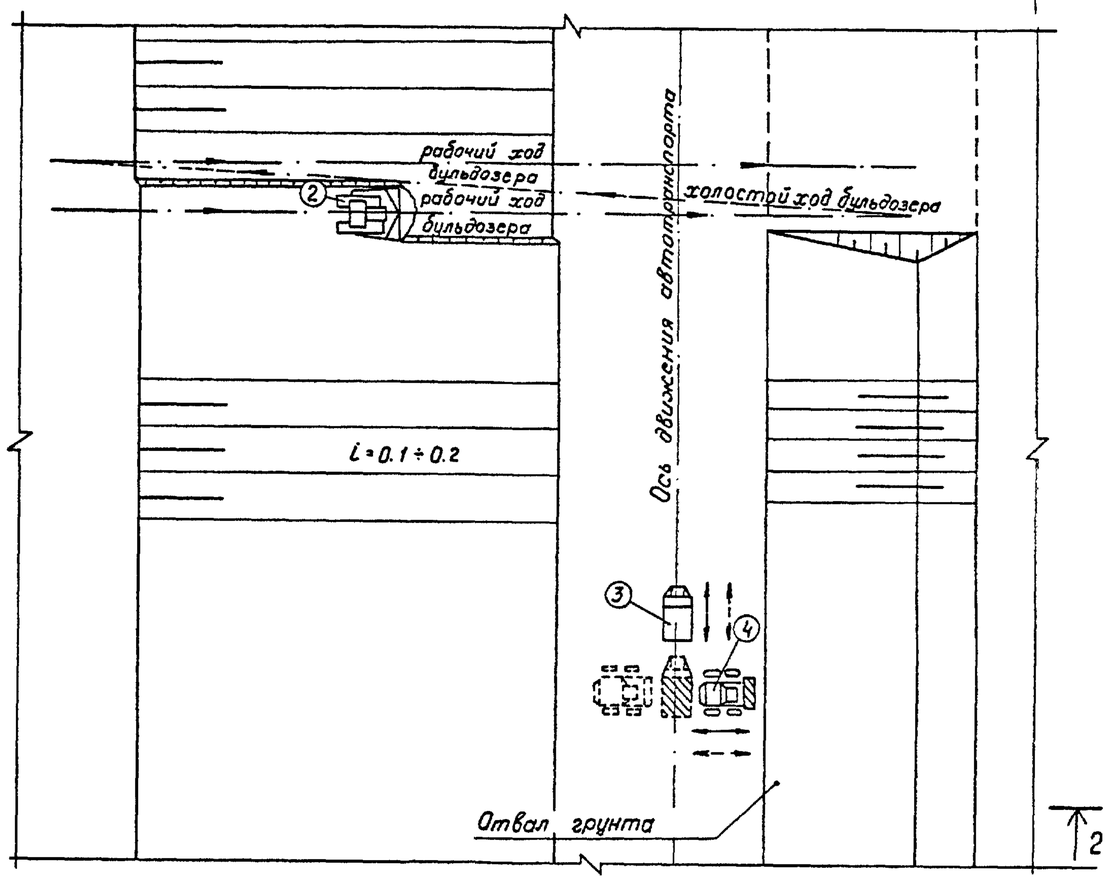



Схема 4. Разработка грунта в карьере бульдозером с погрузкой в автосамосвалы погрузчиком.

Разрез 2-2




① – экскаватор - драглайн;

② – бульдозер;

③ – автосамосвал;

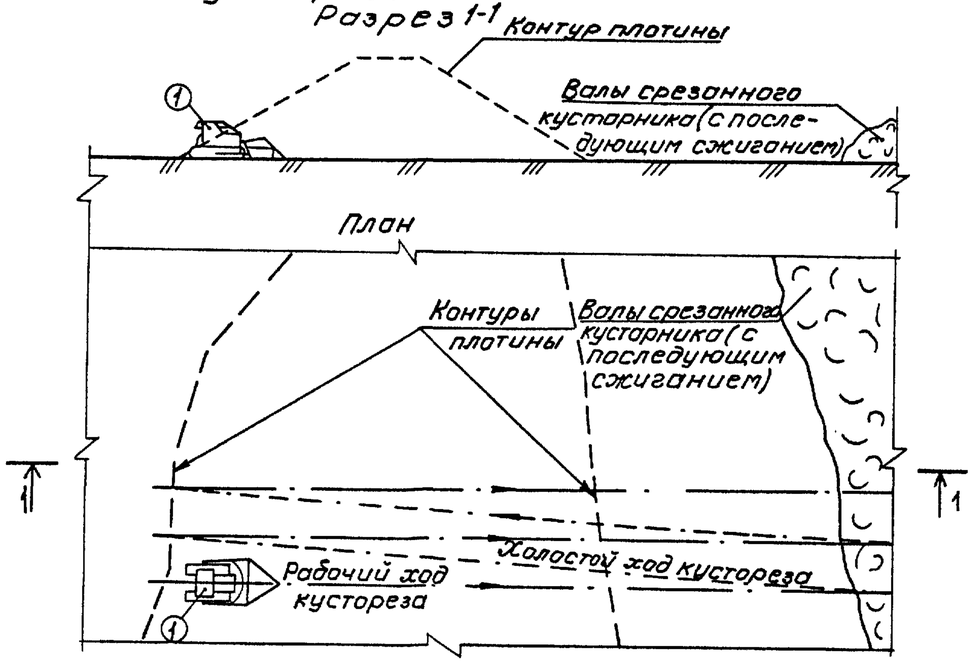
④ – автопогрузчик



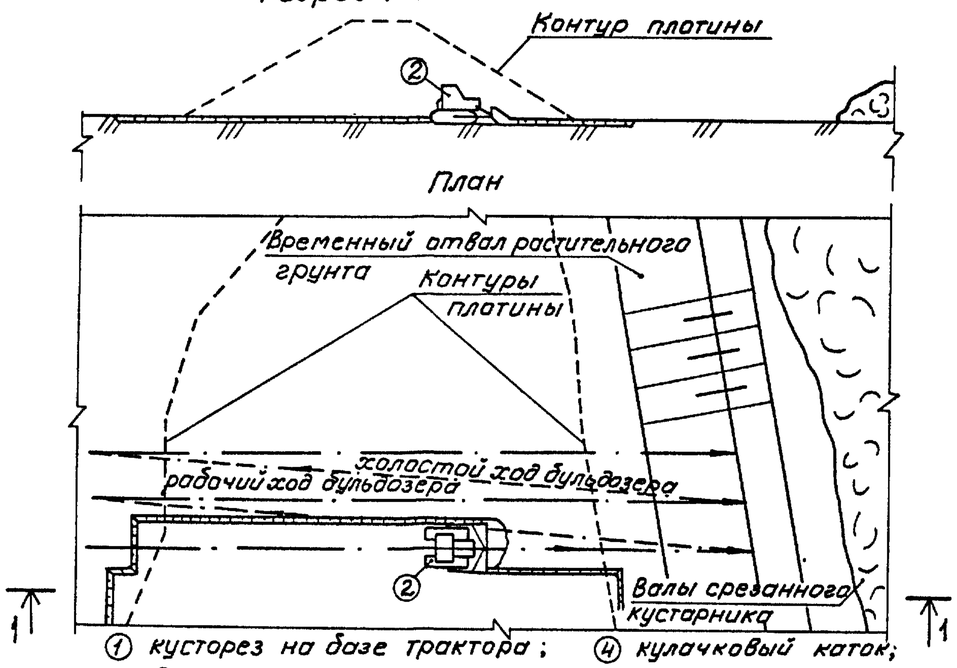
Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

# Схема 5. Расчистка основания плотины

## I этап. Расчистка основания плотины кусторезом.

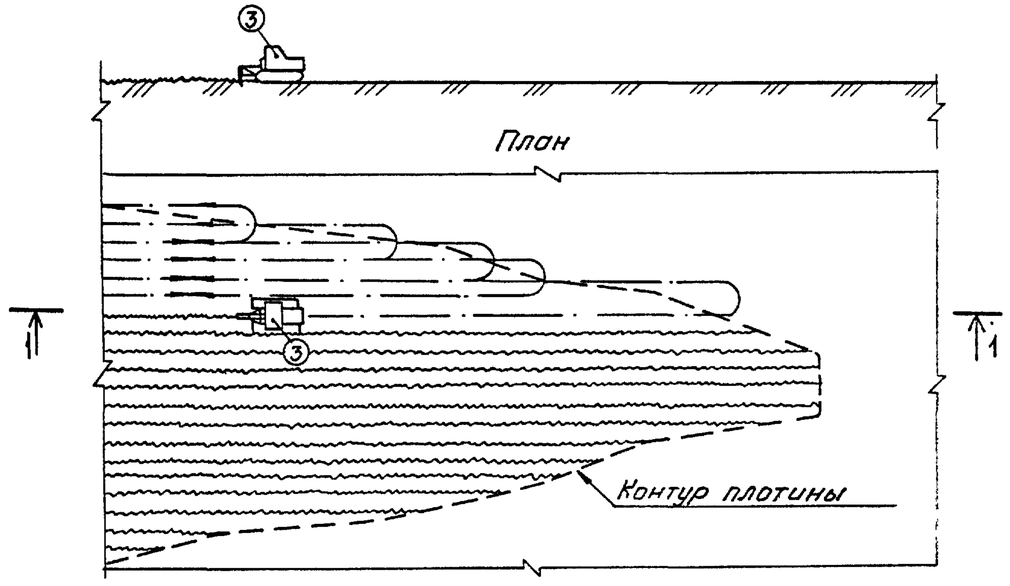



## II этап. Срезка растительного слоя в основании плотины бульдозером.

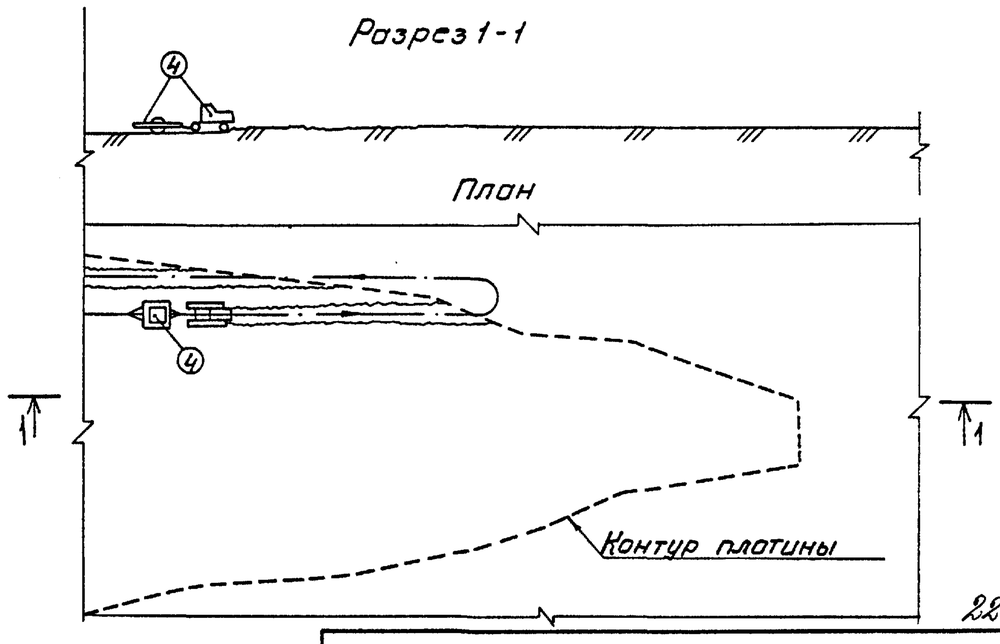



① кусторез на базе трактора ; ④ кулачковый каток;
② бульдозер;
③ рыхлитель на базе трактора.

## III этап. Рыхление основания плотины рыхлителем на глубину 0,2 - 0,4 м.




## IV этап. Уплотнение основания плотины кулачковым катком.

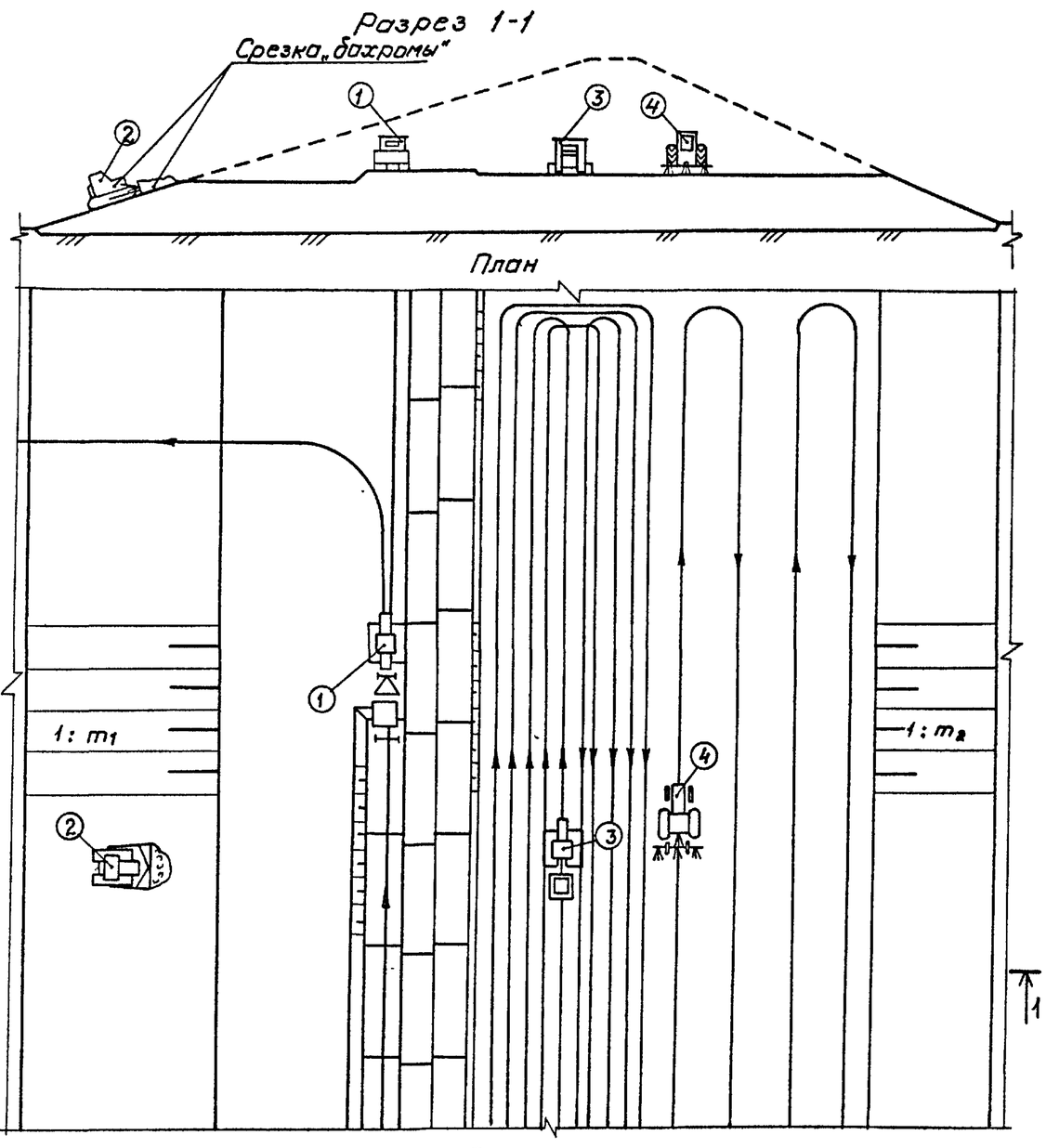



2283/2

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

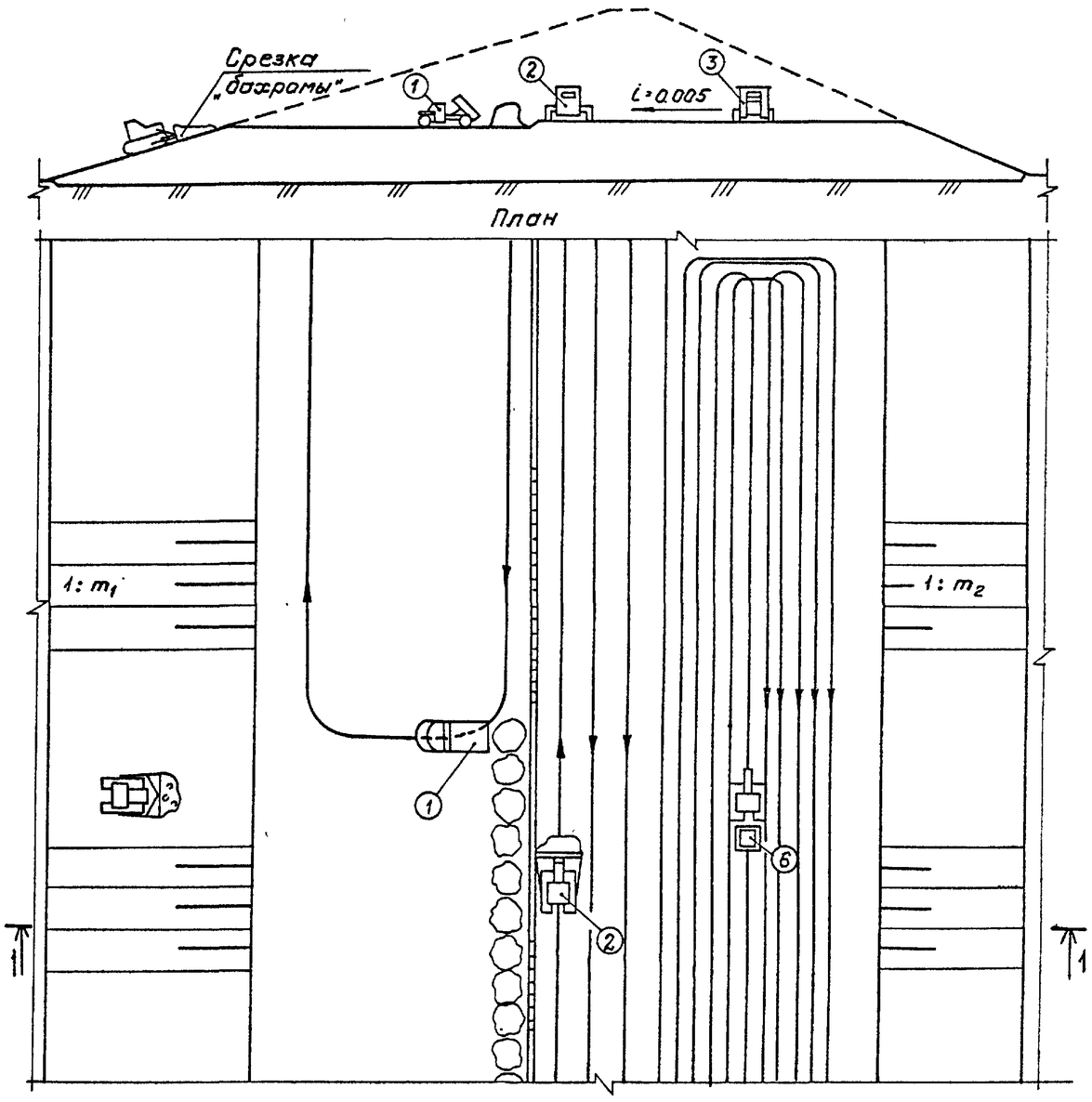
# Схема 6. Укладка грунта в тело однородной плотины.

## Схема 6.1. С транспортированием грунта скреперами




① – прицепной или самоходный скрепер;
② – бульдозер;
③ – прицепной каток (пневмокаток);
④ – поливочная машина на базе трактора;
⑤ – автосамосвал;
⑥ – прицепной каток на пневмоходу;

## Схема 6.2. С транспортированием грунта автосамосвалами




① – автосамосвал;
② – бульдозер;
③ – прицепной каток на пневмоходу.

2283/2

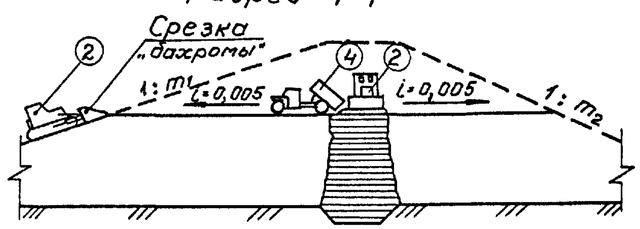


Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

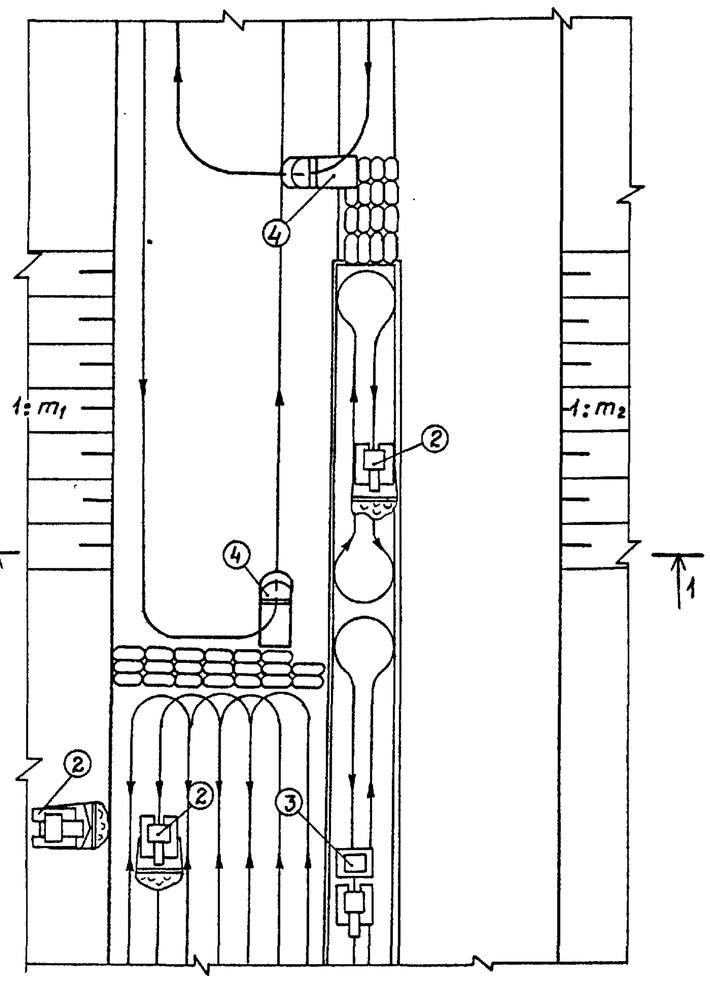
# Схема 7. Укладка грунта в плотину с ядром.

## Схема 7.1. С транспортированием грунта автосамосвалами.

Разрез 1-1

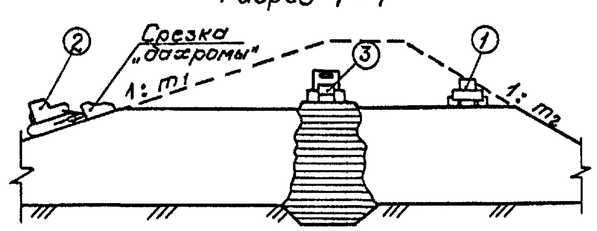



План

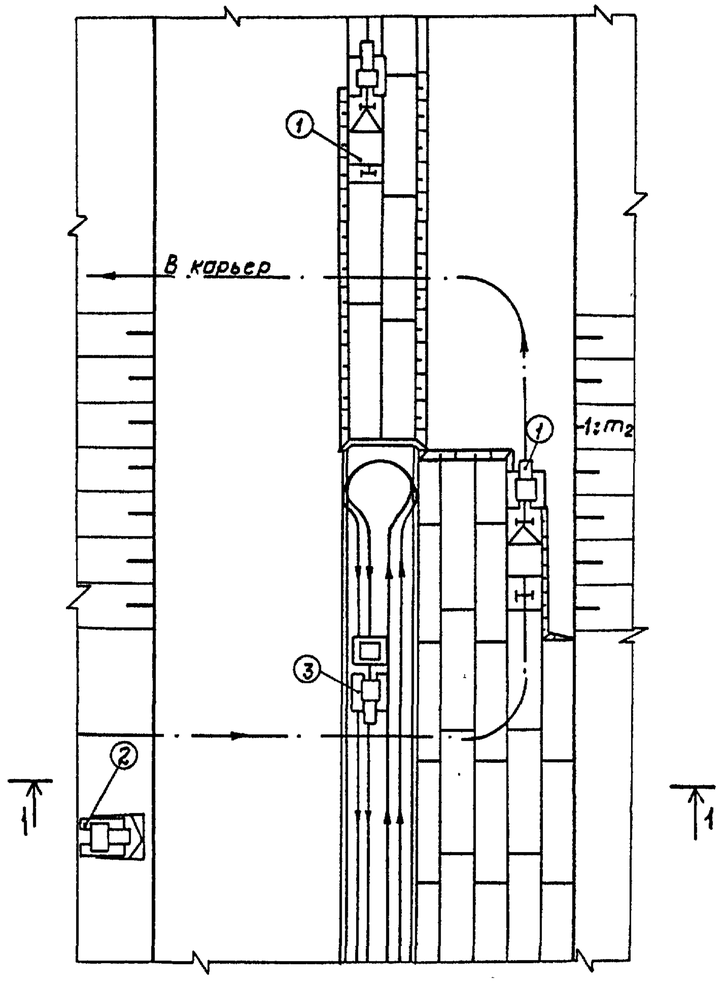



## Схема 7.2. С транспортированием грунта скреперами.

Разрез 1-1




План




① прицепной или самоходный скрепер;

② бульдозер;

③ прицепной кулачковый каток или на пневмоходу;

④ автосамосвал.

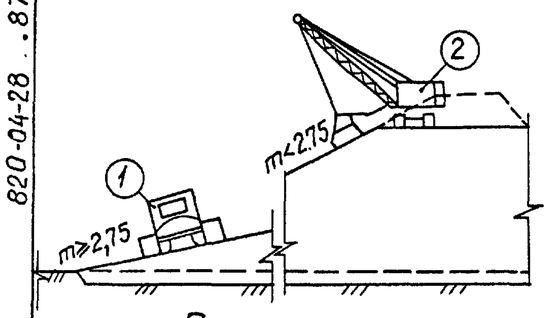


Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№

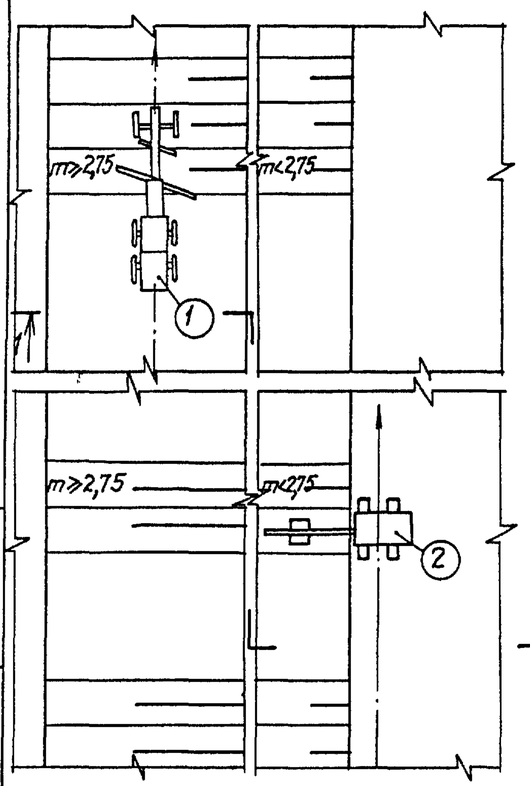
## Схема 8. Крепление откосов монолитным железобетоном

**I этап. Планировка откосов**

Разрез 1-1

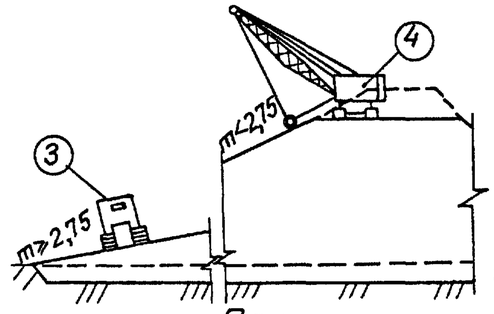



План

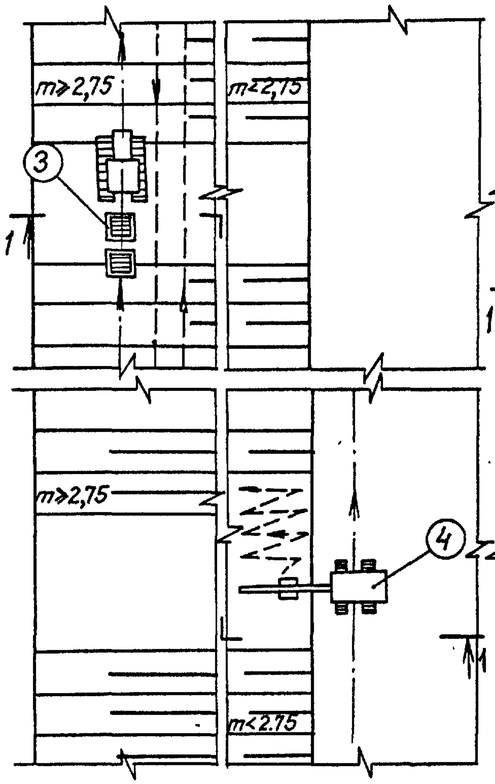



**II этап. Уплотнение откосов**

Разрез 1-1

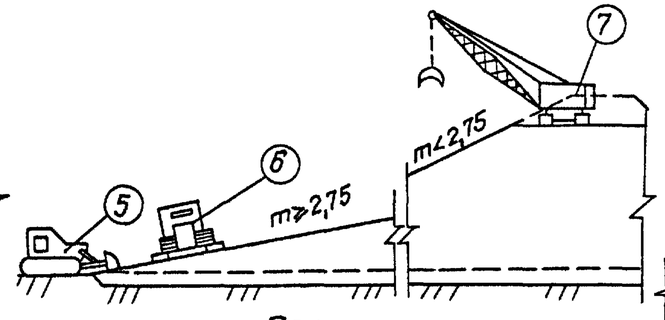



План

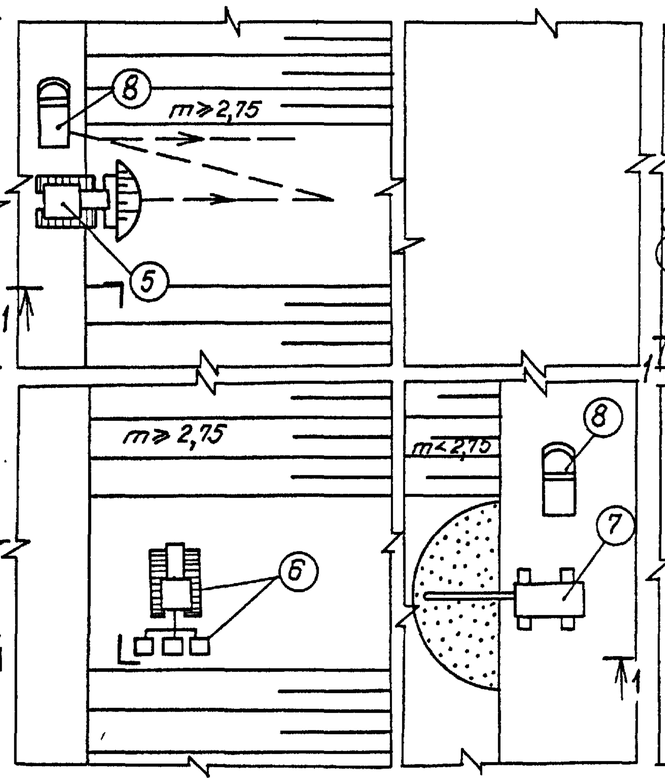



**III этап. Устройство обратного фильтра**

Разрез 1-1

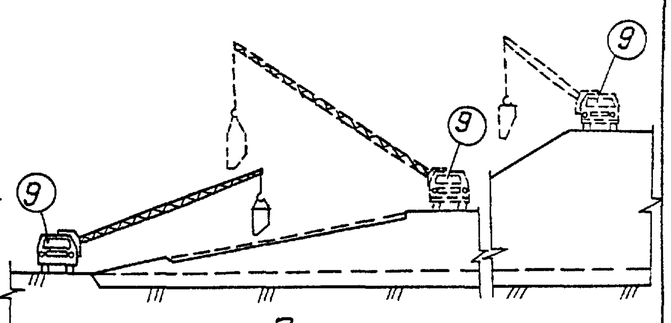



План

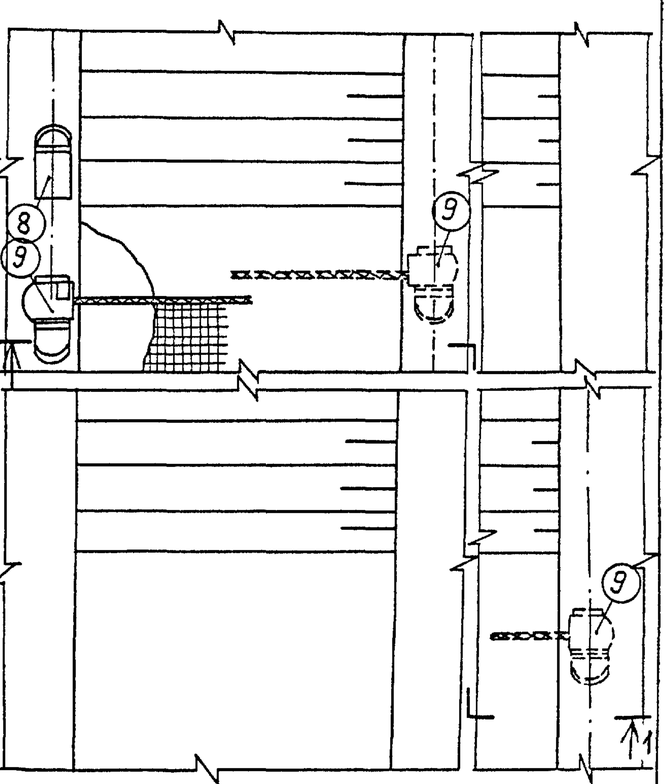



**IV этап. Бетонирование откоса**

Разрез 1-1




План




① – автогрейдер;

② – экскаватор, оборудованный ковшом-планировщиком;

③ – прицепной кулачковый каток;

④ – экскаватор, оборудованный вальцовой трамбовкой;

⑤ – бульдозер;

⑥ – прицепные бороны;

⑦ – экскаватор с грейферным ковшом;

⑧ – автосамосвал;

⑨ – автомобильный или пневмоколесный кран.

2283/2

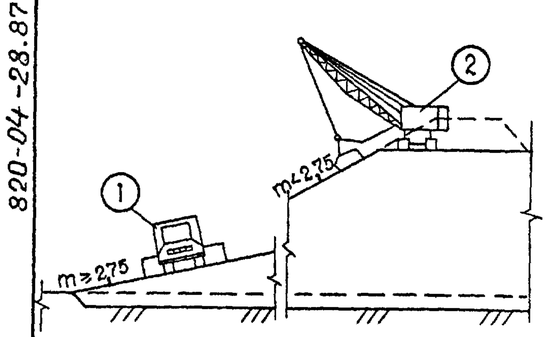


Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

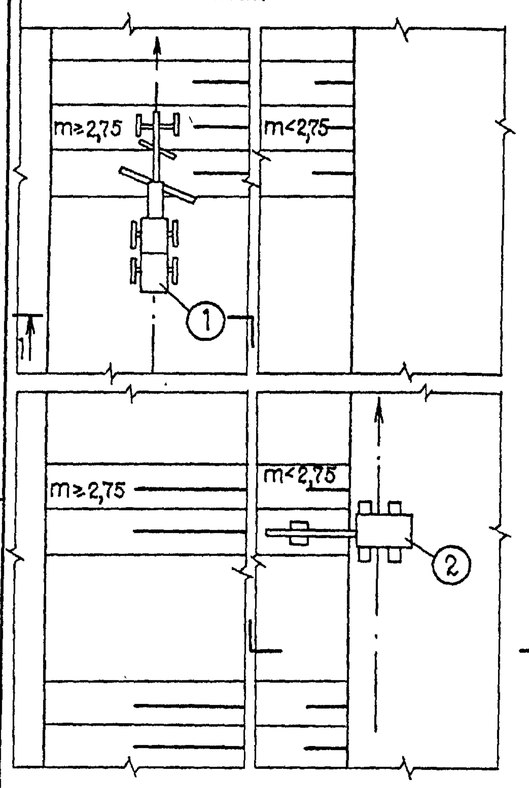
# Схема 9. Крепление откосов сборным железобетоном

I этап. Планировка откосов

Разрез 1-1

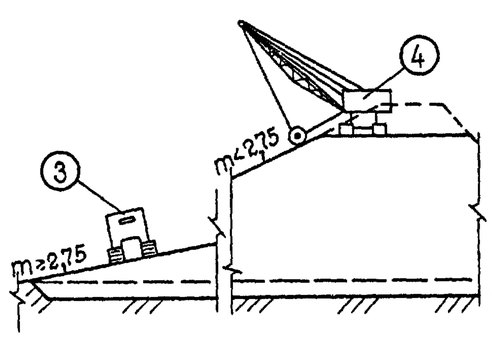



План

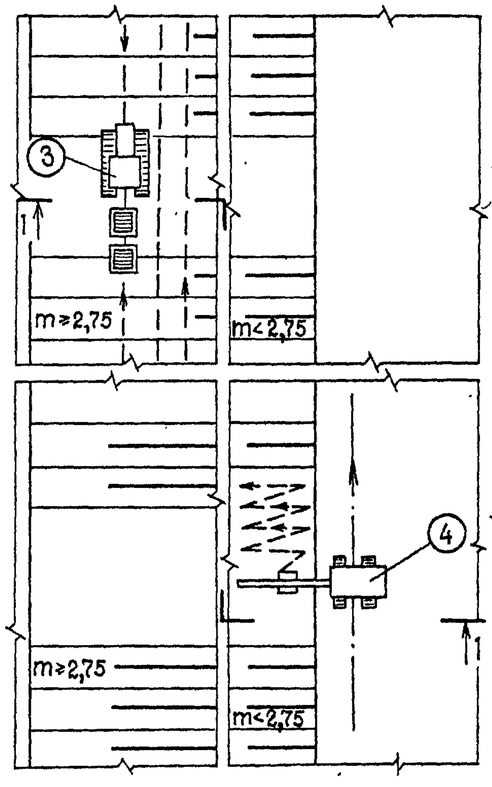



II этап. Уплотнение откосов

Разрез 1-1

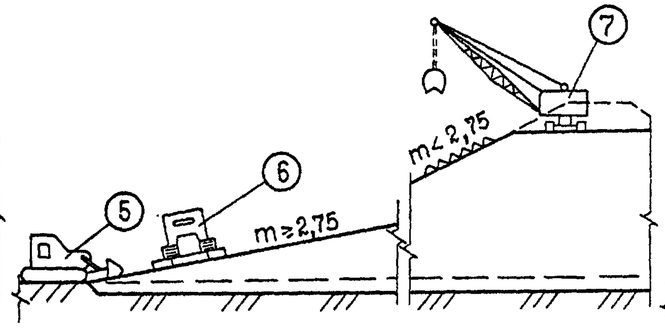



План

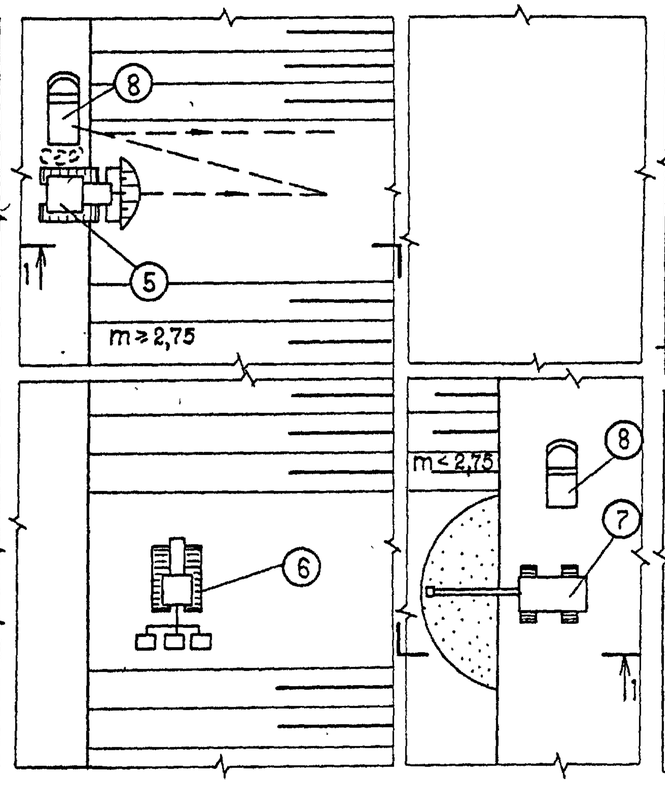



III этап. Устройство обратного фильтра

Разрез 1-1

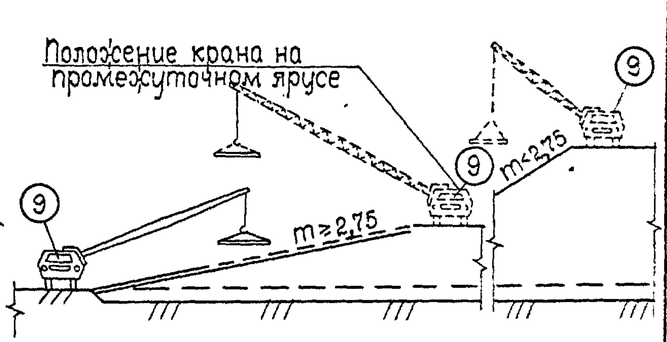



План

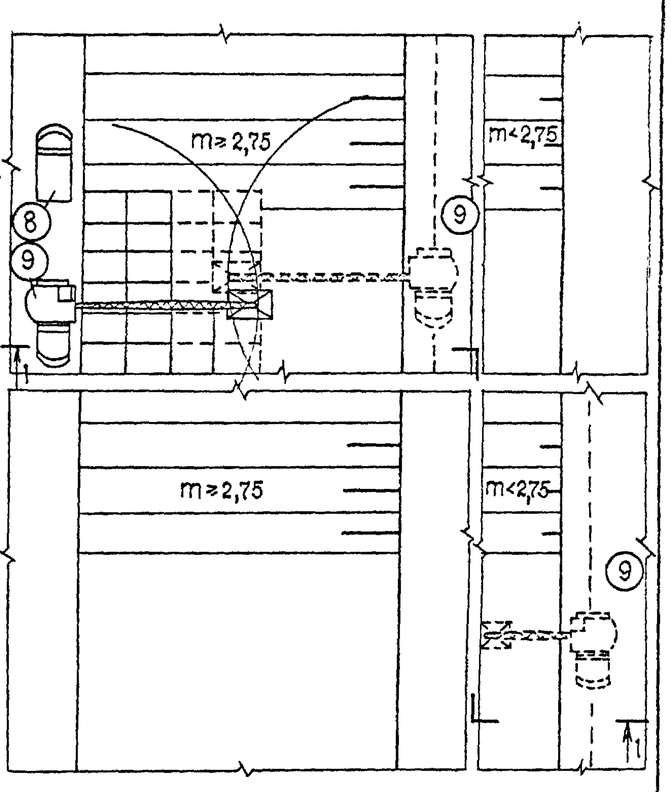



IV этап. Укладка железобетонных плит

Разрез 1-1




План




① - автогрейдер;

② - экскаватор, оборудованный ковшом-планировщиком;

③ - прицепной кулачковый каток;

④ - экскаватор, оборудованный вальцовой трамбовкой;

⑤ - бульдозер;

⑥ - прицепные бороны;

⑦ - экскаватор с грейферным ковшом;

⑧ - автосамосвал;

⑨ - автомобильный или пневмоколесный кран.

2283/2

| 820-04-28.87 | ПЗ | Лист 151 |
|---|---|---|

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

# Схема 10. Крепление низового откоса посевом трав

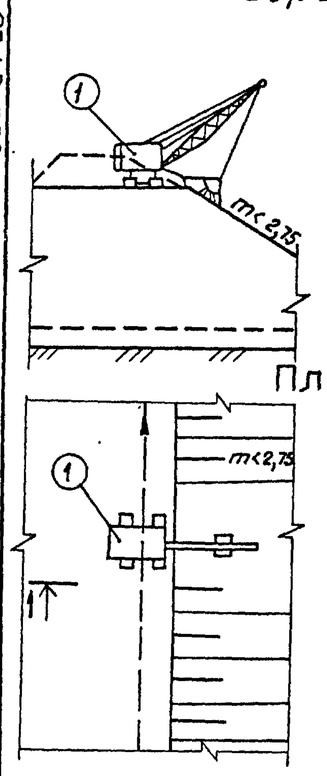
**I этап.** Планировка низового откоса.

**II этап.** Подвозка и укладка растительного грунта.

**III этап.** Гидропосев семян трав.

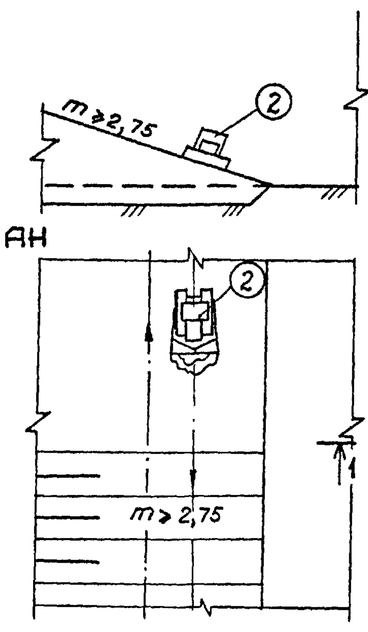
Разрез 1-1

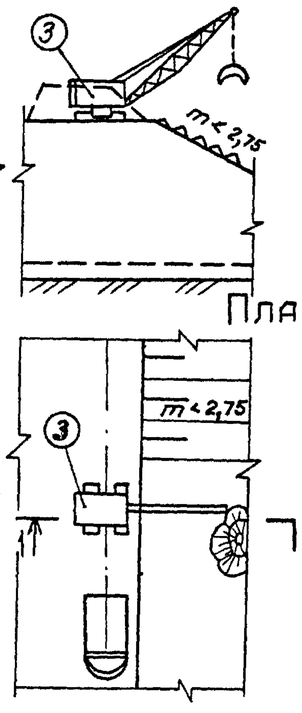
План

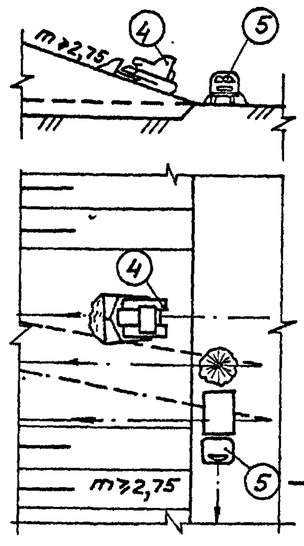



Разрез 1-1

План

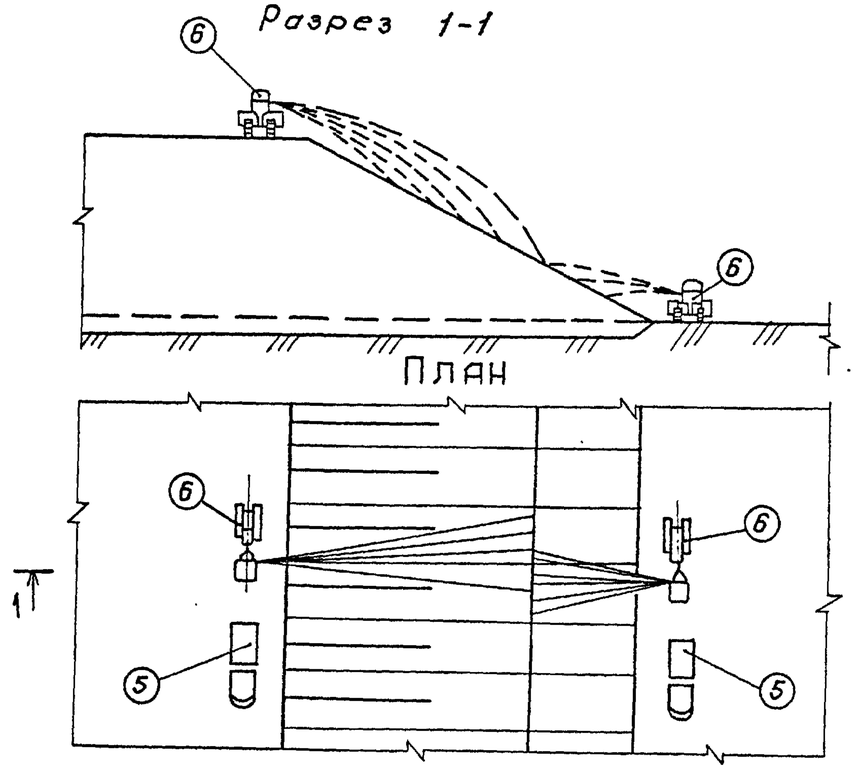



Разрез 1-1

План




① – экскаватор, оборудованный ковшом-планировщиком;

② – бульдозер;

③ – экскаватор, оборудованный грейферным ковшом;

④ – бульдозер;

⑤ – автосамосвал;

⑥ – гидросеялка.

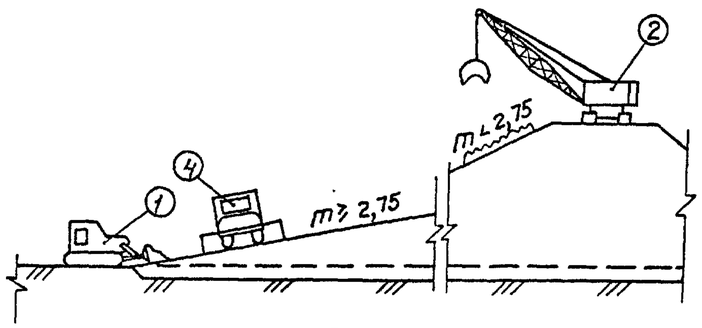
2263/2

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

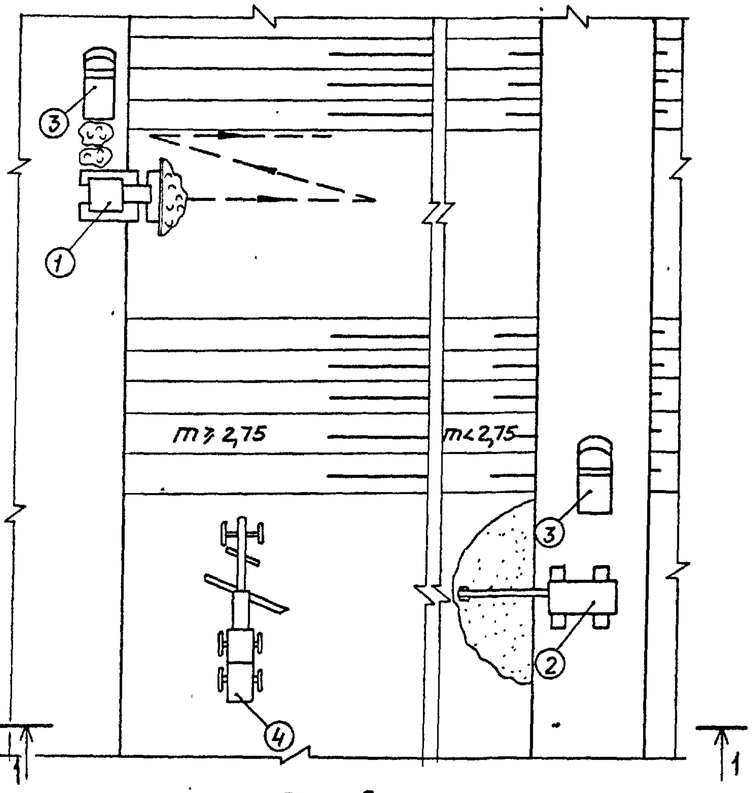
# Схема 11. Устройство противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки.

## I. этап. Устройство подстилающего слоя.

Разрез 1-1

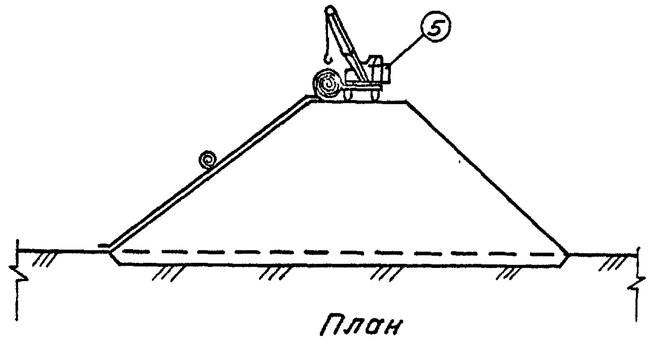



План

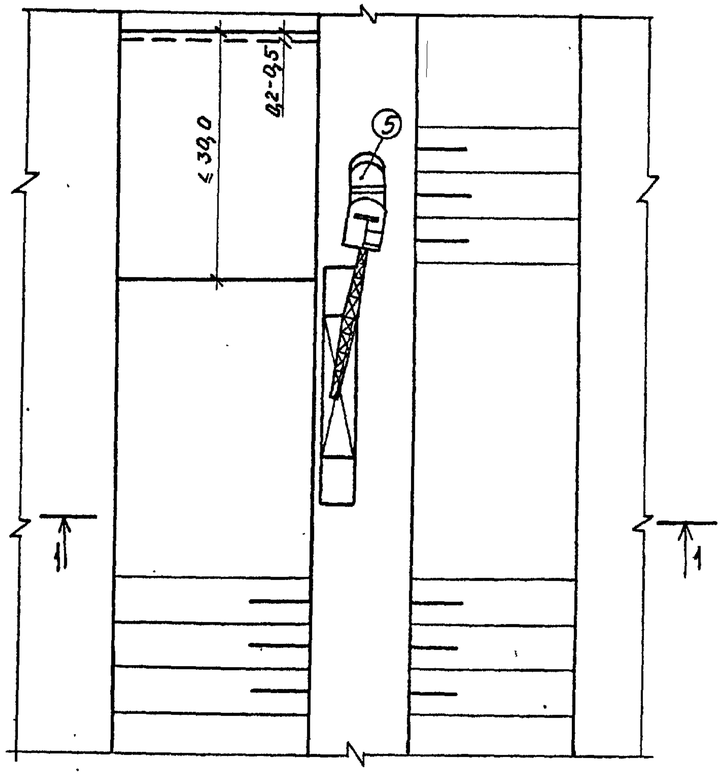



## II этап. Укладка полиэтиленовой пленки.

Разрез 1-1

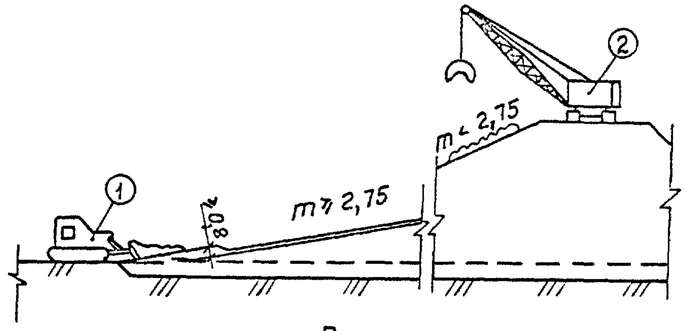



План

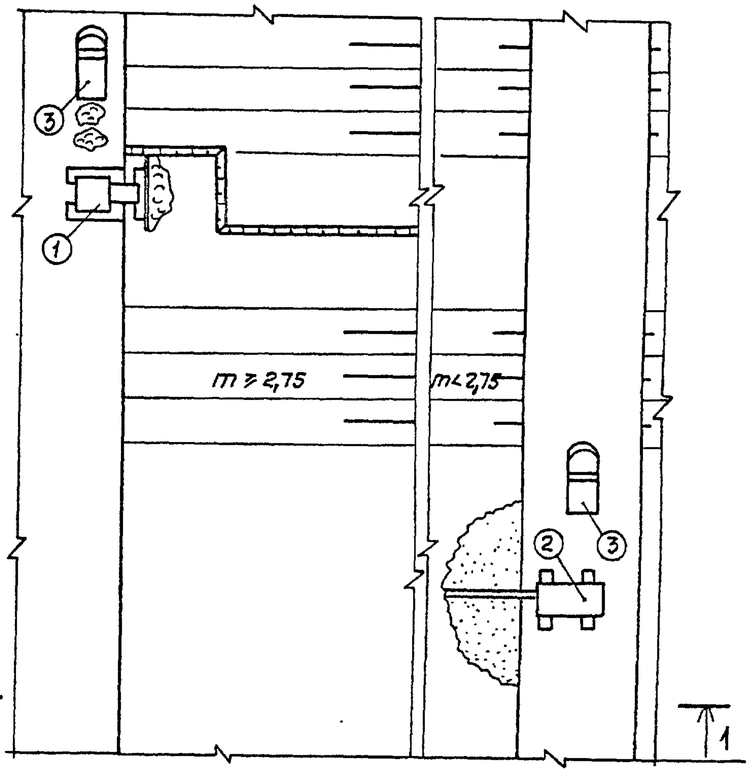



## III этап. Устройство защитного слоя

Разрез 1-1




План




① – бульдозер;

② – экскаватор с грейферным ковшом;

③ – автосамосвал;

④ – грейдер;

⑤ – автомобильный кран.

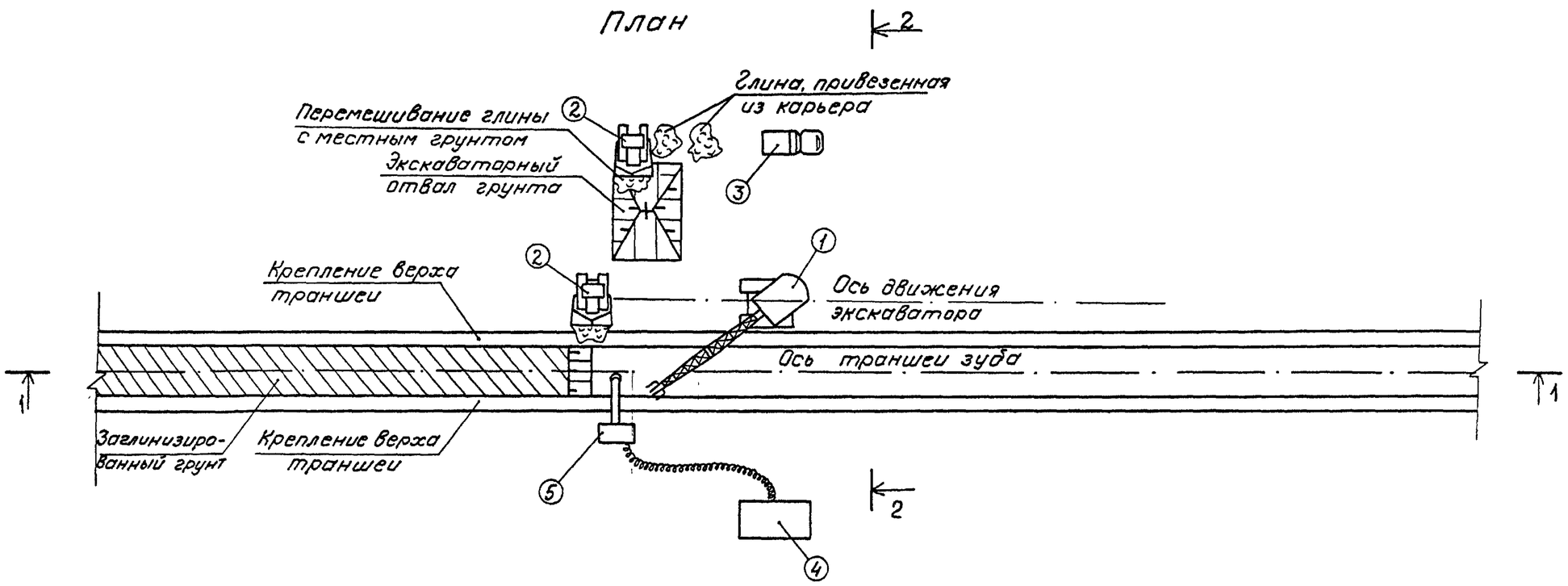
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

2283/2

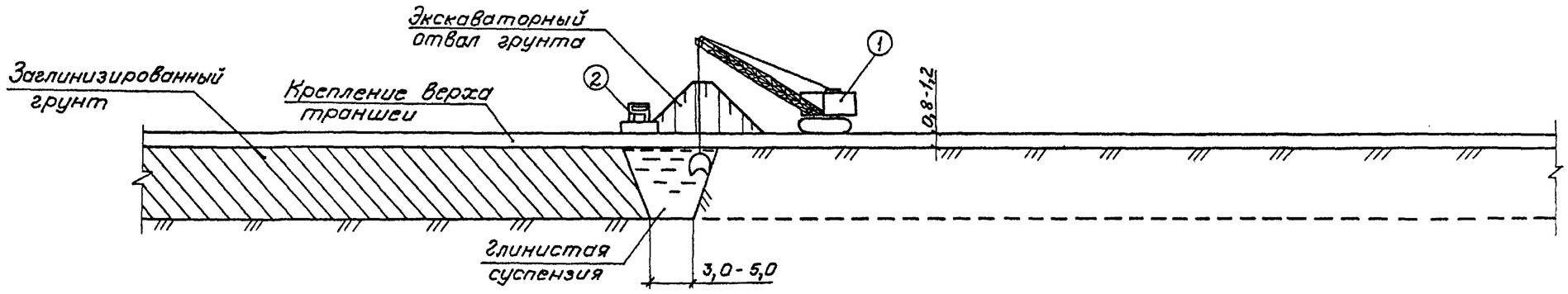
| 820-04-28.87 ПЗ | Лист 153 |
|---|---|

# Схема 12. Устройство зуба способом „стена в грунте"

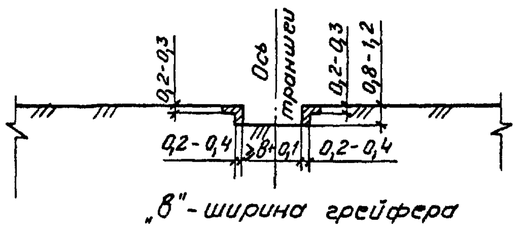
План




Разрез 1-1




Разрез 2-2




„в" - ширина грейфера

① – экскаватор с грейферным ковшом;
② – бульдозер;
③ – автосамосвал;
④ – передвижной растворосмеситель;
⑤ – насос для перекачки глинистой суспензии.

2283/2

| 820-04-28.87 | ПЗ | Лист 154 |
|---|---|---|

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

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТРАВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТРАВОСМЕСИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ НИЗОВОГО ОТКОСА ПРИЛОЖЕНИЕ 23

| 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 морозоустойчив. При сильных морозах и поздних весенних заморозках вымерзает | Плохо переносит засуху | Сохраняется в травостое 3-4 года |
| Тимофеевка луговая | Верховой злак | -"- | К почвам не требовательна. Наиболее благоприятны плодородные, умеренно влажные легкие супесчаные и тяжелосуглинистые почвы | Морозоустойчива. Хорошо переносит суровые малоснежные зимы, ранние заморозки | Сравнительно засухоустойчива | Держится в травостое 3-4 года и более |
| Овсяница луговая | Верховой злак | -"- | К почвам не требовательна, предпочитает богатые перегноем суглинки | Зимостойкость высокая, хотя несколько ниже, чем у тимофеевки | По засухоустойчивости превосходит тимофеевку луговую | В травосмесях держится 6-8 лет |
| Овсяница красная | Низовой злак | Корневищево-рыхлокустовые злаковые | Предпочитает богатые перегноем суглинки, хорошо дренированные легкие луговые почвы | Высокоустойчива к морозам и весенним заморозкам | Засуху переносит плохо | В травостоях может держаться в течение 10 лет и более |
| Мятлик луговой | Низовой злак | Корневищево-рыхлокустовые 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 |
| Лисохвост луговой | Верховой злак | -"- | К почве не требователен | | От засухи и жары сильно страдает | Держится в травостое 6-8 лет и больше |
| Костер безостый | Верховой злак | Корневищевые злаковые | Не переносит кислых и плотных почв | | Засухоустойчив | Может сохраняться в травостое 6-8 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 |
| Полевица белая | Низовой злак | -"- | Не требовательна к почве. Не удается 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 |

| Виды трав | Высокорослость | Биологическая группа | Требования к почве | Морозостойкость | Засухоустойчивость | Держится в травостое |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Клевер красный | Низовой | Стержнекорневые бобовые | Не требователен к почве. На кислых и засоленных землях изреживается | Выносит 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 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 24

## 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°; $C_{0I}$ = I5 кПа.

Коэффициент фильтрации $K_{0I}$ = $I0^{-5}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{0I}$ = 0,6.

В пределах средней части створа основанием плотины являются суглинки тяжелые водонасыщенные тугопластичные, слабосжимаемые ( $a$ = 0,003 кПа). Степень влажности $S_{r/p}$ = 0,98.

Прочностные характеристики: $\varphi_{02}$ = I5°; $C_{02}$ = I0 кПа.

Коэффициент фильтрации $K_{02}$ = $I0^{-7}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{02}$ = 0,9.

По правому склону развиты пески мелкие мощностью до 3 м ( $\varphi_{03}$ = 30°; $K_{03}$ = $I0^{-3}$ см/с), подстилаемые средним суглинком.

3. Характеристики грунта тела плотины

Грунт тела плотины – суглинок средний.

Прочностные характеристики: $\varphi_T$ = 20°; $C_T$ = I5 кПа.

Коэффициент фильтрации $K_T$ = $I0^{-5}$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 данными 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 ПКI+89, где подошва плотины располагается на песчаном грунте, сопряжение с водоупором, представленным средним суглинком, осуществляется при помощи зуба, заглубленного в него на I,0 м. Ширина зуба по низу – I,0 м.

Для понижения кривой депрессии и перехвата дренажных вод предусматривается тюфячный дренаж с выводными коллекторами через 20 м. Расстояние от оси дренажа до подошвы низового откоса $\ell_{др}$ = 7 м принимается по табл.I приложения 6.

Пример 2 (листы I6I,I62).

I. Исходные данные:

Расчетная высота плотины $H_{пл.расч.}$ = I0,25 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 $d_f$ = I,0 м. Водохранилище на зиму не опоражнивается.

2. Характеристики грунтов основания

Основанием плотины в ее примыкании по левому склону является песок пылеватый мощностью до 3,0 м.

Прочностные характеристики : $\varphi_{0I}$ = 30°; $C_{0I}$ = 0.

Коэффициент фильтрации $K_{0I}$ = $I0^{-4}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{0I}$ = 0,6.

В пределах средней части створа и по правому склону основанием плотины является песок мелкий.

Прочностные характеристики: $\varphi_{02}$ = 30°.

Коэффициент фильтрации $K_{02}$ = $I0^{-3}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{02}$ = 0,65.

2283/2

Мелкий песок подстилается суглинком тяжелым тугопластичным $\varphi_{03} = 15^{\circ}$; $C_{03} = 20$ кПа; $K_{03} = 10^{-5}$ см/с; $e_{03} = 0,6$.

3. Характеристики грунта тела плотины

Грунт тела плотины - суглинок тяжелый.

Прочностные характеристики: $\varphi_{т} = 20^{\circ}$; $C_{т} = 15$ кПа.

Коэффициент фильтрации $K_{т} = 10^{-5}$ 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 I,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 $\ell_п \approx 1,5\ H_н$. 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 $h_{защ} = 1,0$ м.

Для понижения кривой депрессии предусматривается торфяный дренаж с выводными коллекторами через 20 м.

Пример 3 (листы I63, I64).

I. Исходные данные:

Расчетная высота плотины $H_{пл.расч.} = 5,8$ м.

Расчетный напор $H_{н.расч.} = 3,7$ м.

Ширина плотины по гребню $b_{пл} = 6,5$ м.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта $d_f = 0,5$ м. Водохранилище опоражнивается 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 $K_{01} = 10^{-4}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{01} = 0,6$.

Подстилающим грунтом является глина.

Прочностные характеристики: $\varphi_{02} = 16^{\circ}$; $C_{02} = 36$ кПа.

Коэффициент фильтрации $K_{02} = 10^{-7}$ см/с.

Коэффициент пористости $e_{02} = 0,75$.

I вариант. Плотина из суглинка среднего

3. Характеристики грунта тела плотины

Прочностные характеристики: $\varphi_{т} = 20^{\circ}$; $C_{т} = 15$ кПа.

Коэффициент фильтрации $K_{т} = 10^{-5}$ 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 - I,0 м.

В русловой части, где водоупор располагается на глубине более 3 м, на длине 55 м зуб дополнен шунтом. Глубина забивки деревянного шунта в водоупор принята равной $h_ш \geq 1,0$ м.

II вариант. Плотина из песка средней крупности с ядром из суглинка среднего.

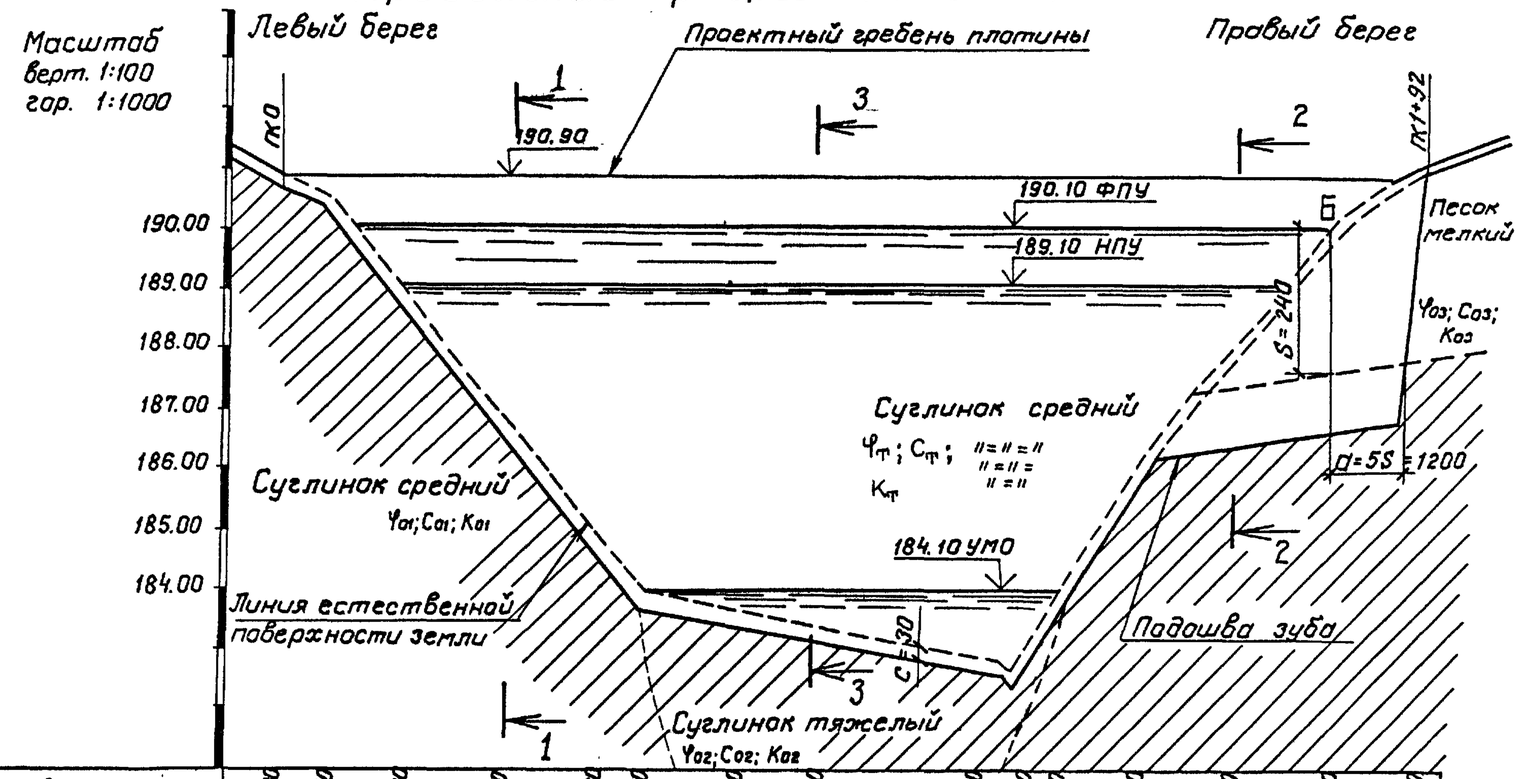
5. Характеристики грунта тела плотины

Прочностные характеристики: $\varphi_{т} = 32^{\circ}$; $C_{т} = 0$.

Коэффициент фильтрации $K_{т} = 10^{-2}$ 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 $K_{я} = 10^{-5}$ 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 шунтом. Глубина забивки шунта в водоупор $h_ш \geq 1,0$ м.

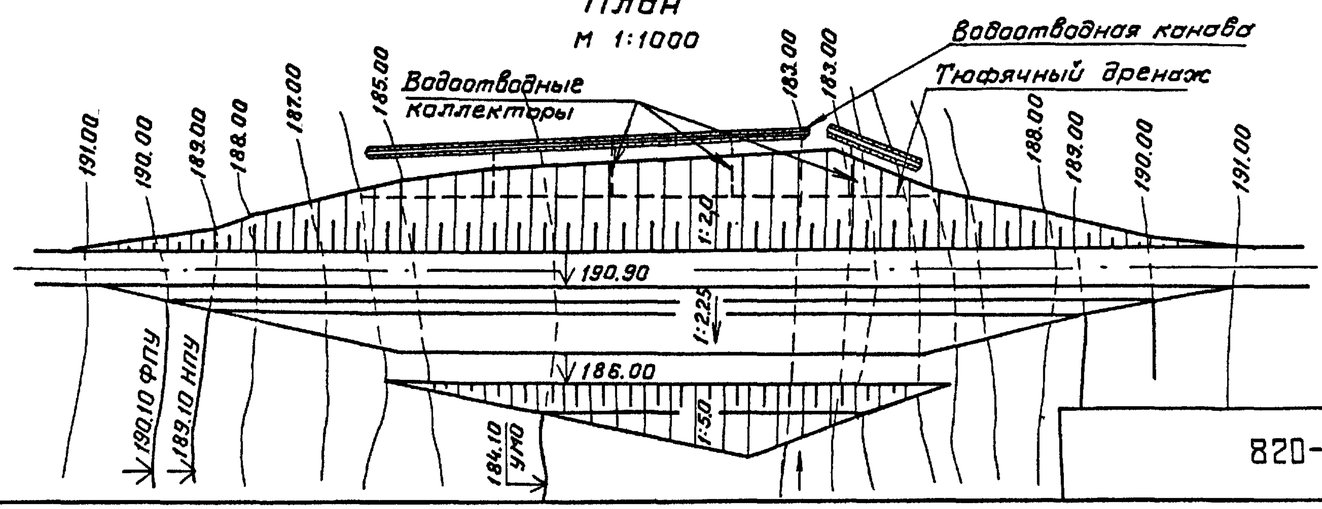
# Продольный разрез по оси плотины




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 16 | 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



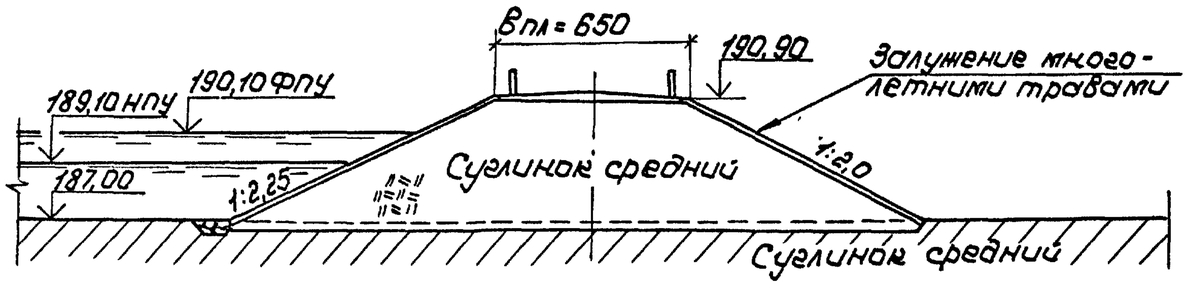

2283/2

820-04-28.87

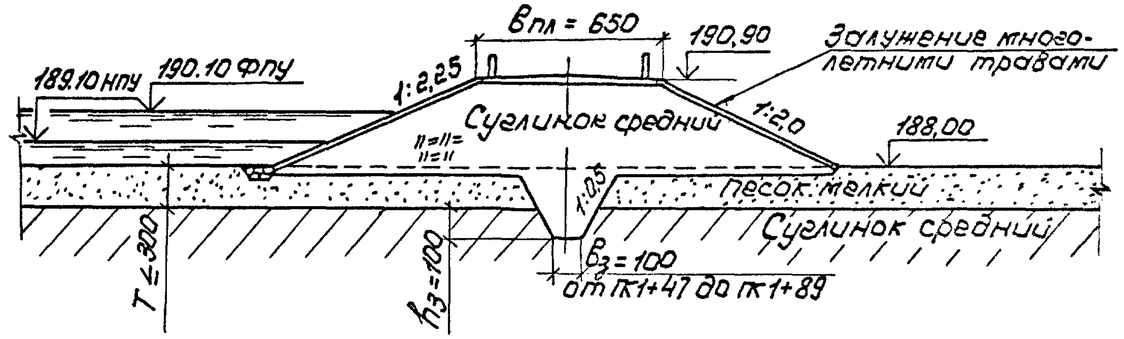
Лист 159

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

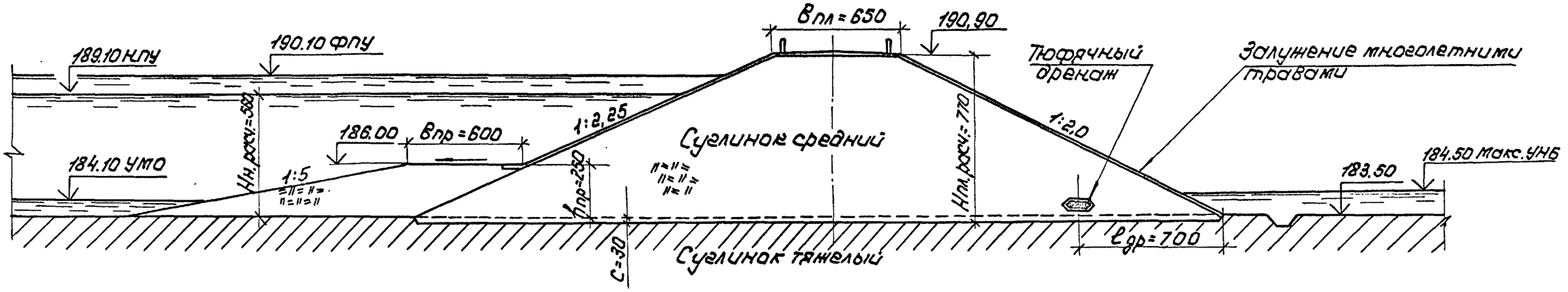
## Разрез 1-1 ПК 0+39




## Разрез 2-2 ПК 1+62




## Разрез 3-3 ПК 0+91

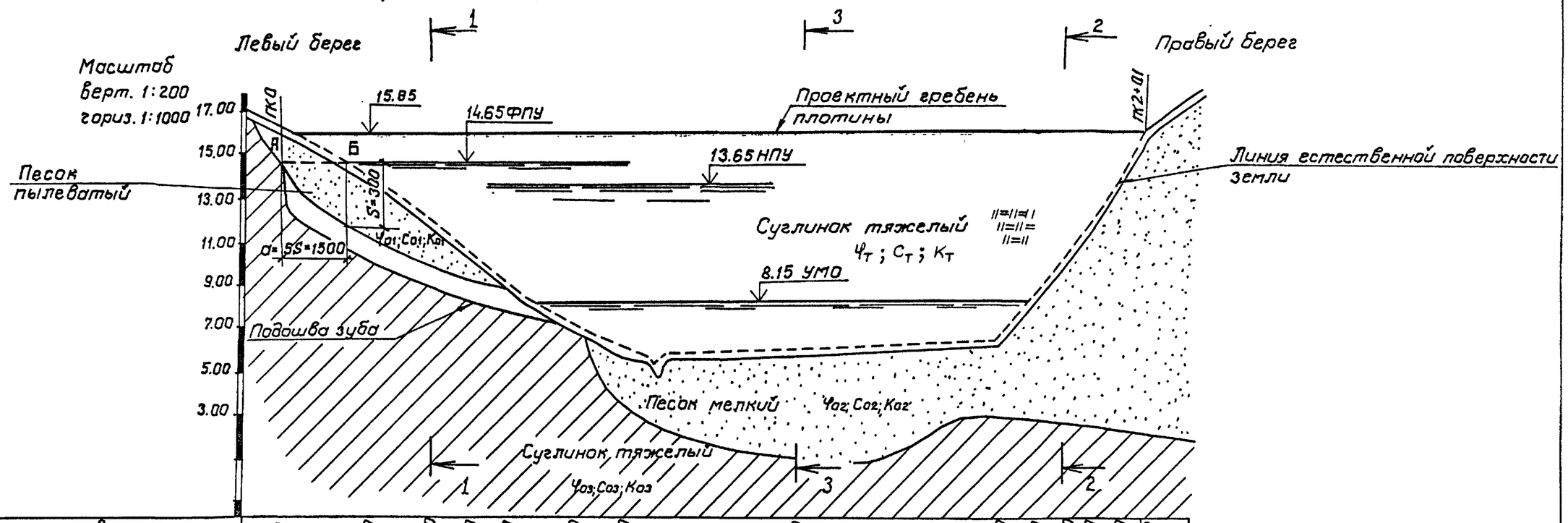



2283/2

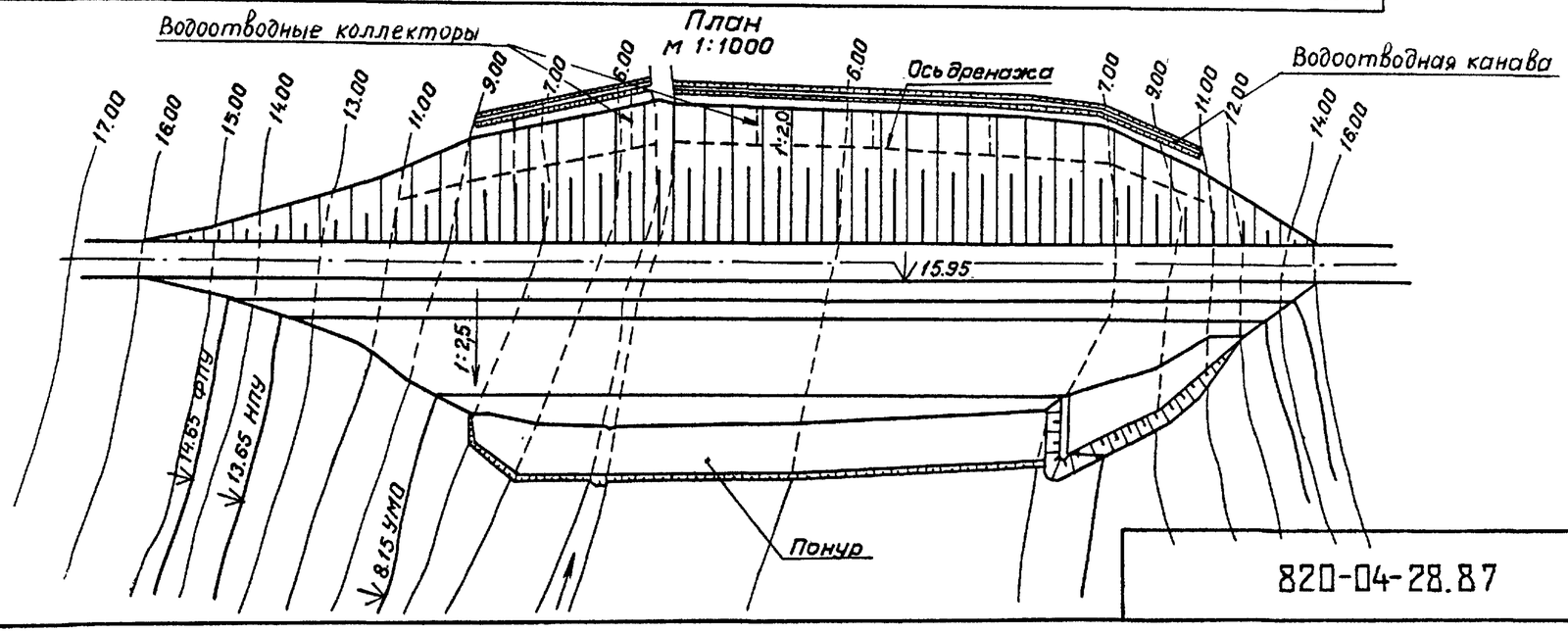
| | | |
|---|---|---|
| 820-04-28.87 | ПЗ | Лист 160 |

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

# 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 подошвы 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 | | | | | | ПК0+68 | | | | | | | | ПК1+61 | | | | ПК1+92 | | ПК2+01 |

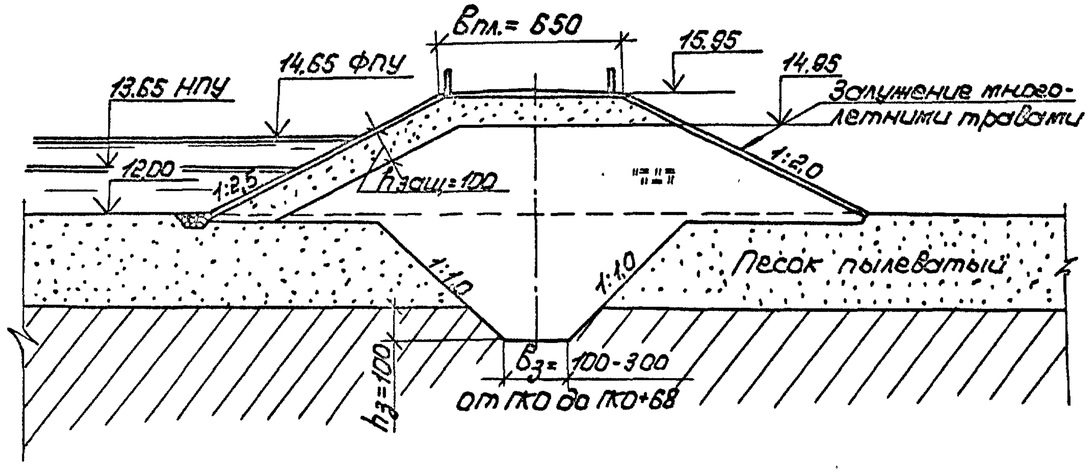



2283/2

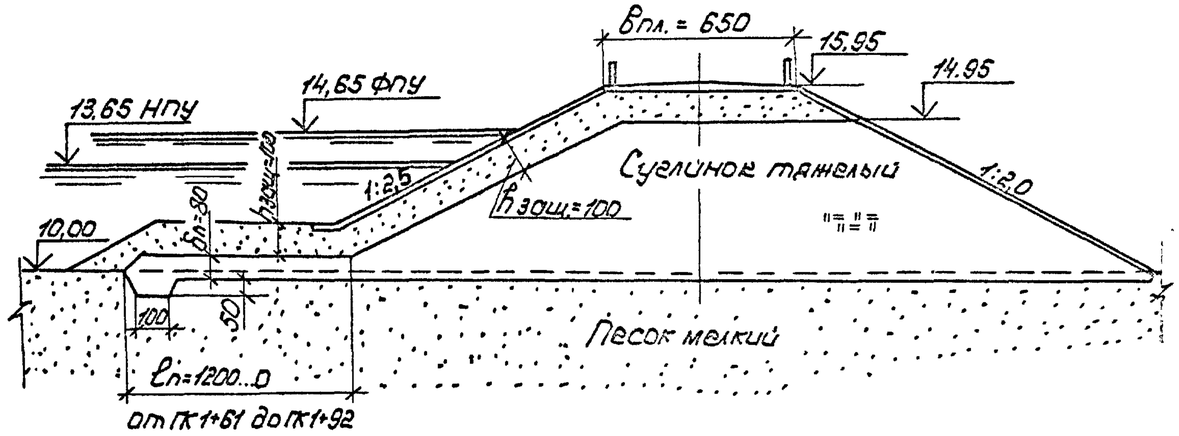


Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

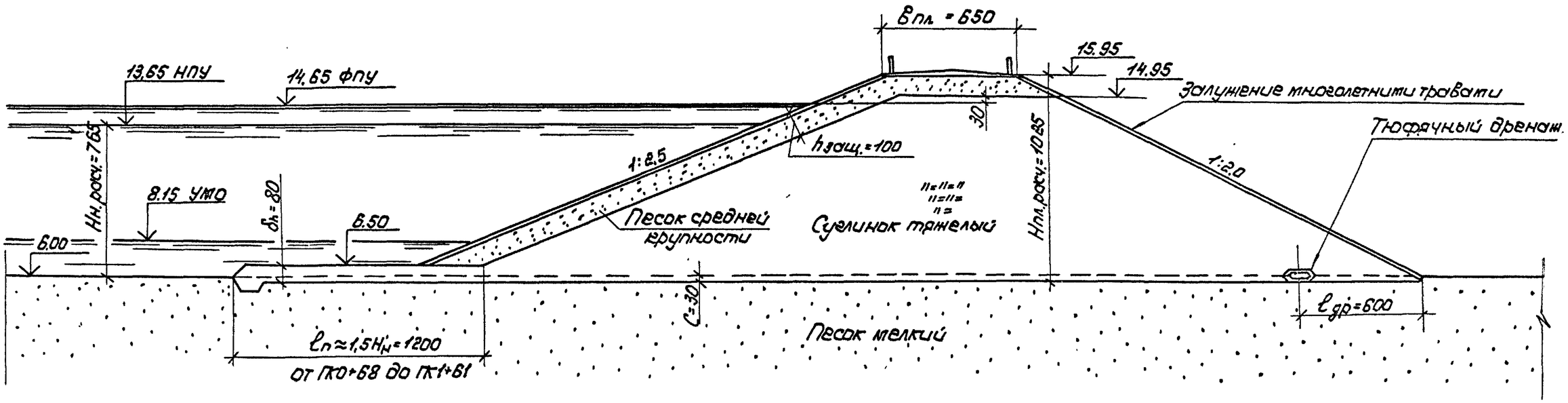
## Разрез 1-1 ПК0+35




## Разрез 2-2 ПК1+82




## Разрез 3-3 ПК1+20




2283/2

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

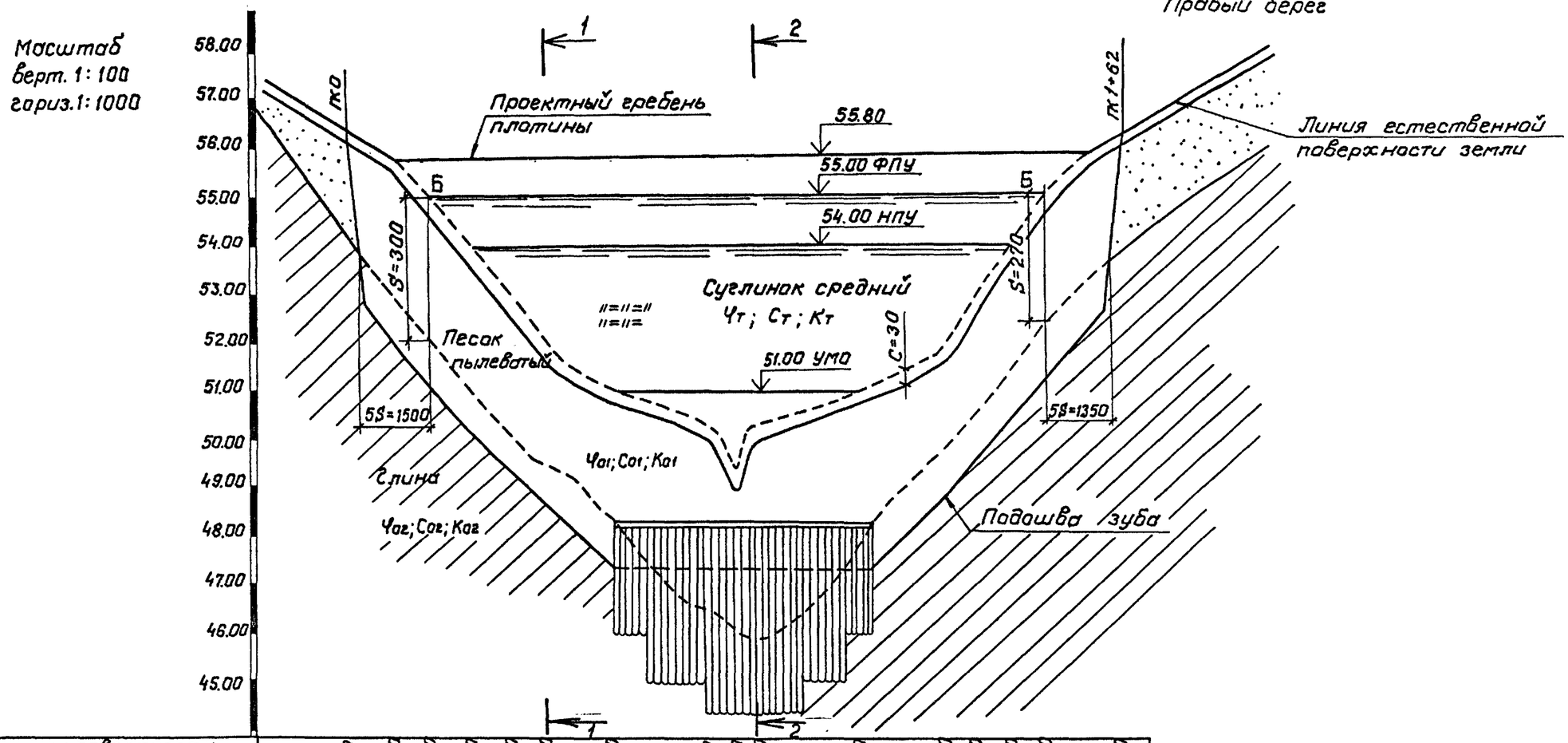
820-04-28.87 ПЗ Лист 162

## Продольный разрез по оси плотины

Левый берег

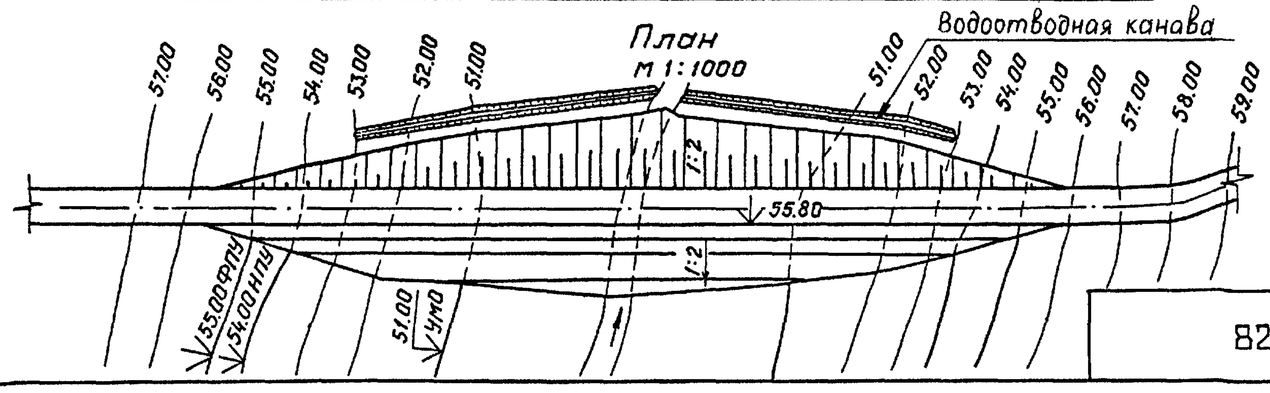
Правый берег

Масштаб
верт. 1:100
гориз. 1:1000




| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Отметки поверхности земли | | 56.40 | 55.80 | 55.00 | 54.00 | 53.00 | 52.00 | 51.00 | | 50.30 | 49.40 | 50.30 | 51.00 | | 52.00 | 53.00 | 54.00 | 55.00 | 56.30 | | |
| Расстояния, м | | 10 | 7 | 9 | 8 | 8 | 13 | 20 | | 6 | 4 | 22 | 18 | | 6 | 7 | 7 | 16 | | | |
| Отметки подошвы 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 | | |

## План
м 1:1000




2283/2

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

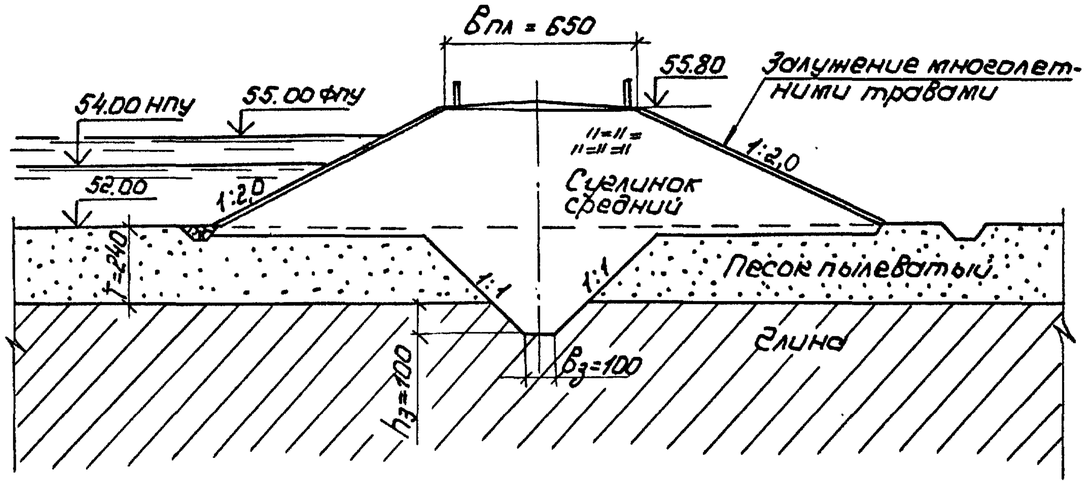
820-04-28.87 ПЗ

Лист 163

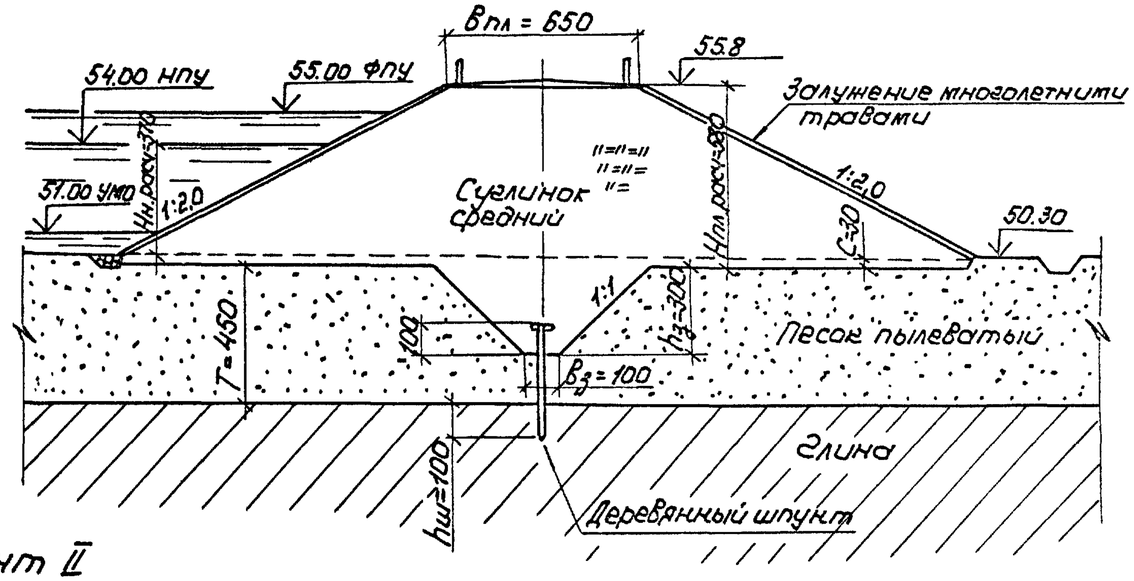
# Вариант I

## Плотина из суглинка

### Разрез 1-1 ПК0+41



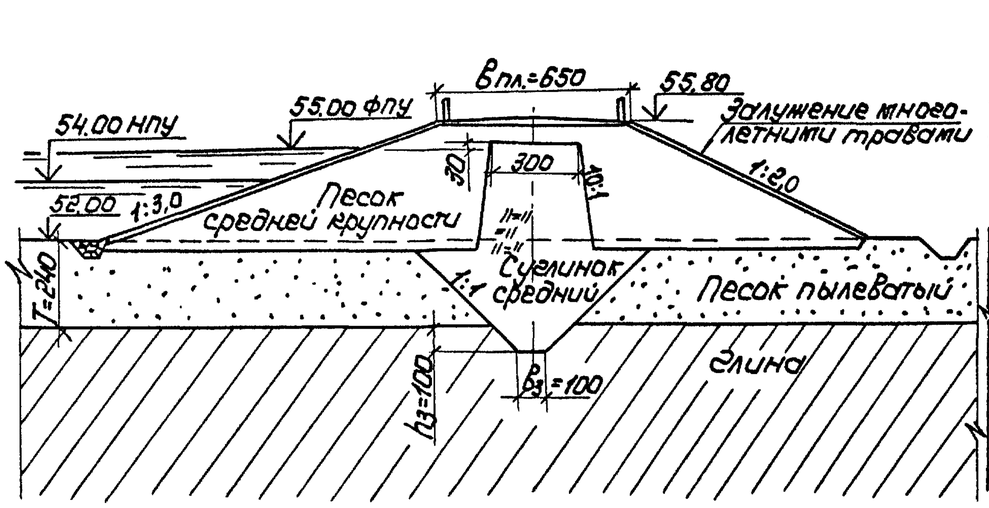

### Разрез 2-2 ПК0+85



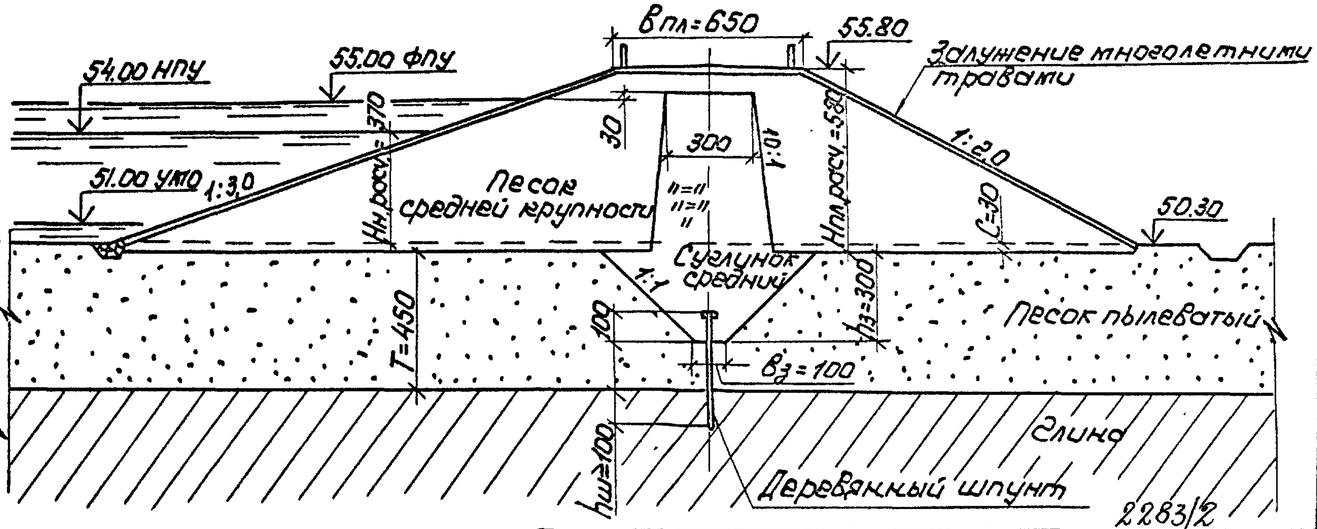

# Вариант II

## Плотина из песка с ядром из суглинка

### Разрез 1-1 ПК0+41




### Разрез 2-2 ПК0+85




2283/2

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 25

## ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТА ПЛОТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. Исходные данные

I. План в горизонталях участка, выбранного для строительства гидротехнического узла, в масштабе I:I000.

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: $\varphi_{0I} = 20^{0}$; $C_{0I} = I9$ кПа; $K_{0I} = I0^{-6}$ см/с; $e_{in_1} = 0,7$; $a = 0,00I$ МПа; $\rho_{d_1} = I,6$ г/см$^3$; $\rho_1 = 2,7$ г/см$^3$; число пластичности $J_{p_1} = 0,I$; $S_{r,in} = 0,85$.

В русловой части створа на длине ~ I00 м залегает песок мелкий мощностью до 2-х метров.

Характеристики песка: $\varphi_{02} = 30^{0}$; $C_{02} = 0$; $K_{02} = I0^{-2}$ см/с; $e_{in_2} = 0,65$; $\rho_{d_2} = I,62$ г/см$^3$; $\rho_2 = 2,66$ г/см$^3$; $w_2 = 0,2$.

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: $\rho_{d_T} = I,65$ г/см$^3$; $\rho_T = 2,7$ г/см$^3$; $\varphi_T = 2I^{0}$; $C_T = I0$ кПа; $K_T = I0^{-5}$ см/с.

Расчетные отметки уровней воды в водохранилище:

ФПУ - ↓ I6I,40

ПУ при $Q_{5\%}$ - ↓ I6I,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 - I5I,0.

7. По гребню плотины предусматривается устройство дороги III-с категории.

8. Расчетные значения высоты ветровой волны при ПУ при $Q_{5\%}$ - $h_{I\%}$ = I,0 м, при ФПУ - $h_{I\%} = 0,5$ м.

Длина разгона ветровой волны $L$ = I,0 км, расчетная скорость ветра $V_w$ = 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 опоражнивается за счет подачи воды на орошение.

I0. Расчетная глубина сезонного промерзания грунта в районе строительства $d_f$ = I,0 м.

II. 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

I. 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 - ↓ I6I,4; ПУ при $Q_{5\%}$ - ↓ I6I,00; НПУ - ↓ I60,50; УМО - ↓ I54,00; линия подошвы плотины.

По продольному профилю определяются расчетные напоры и расчетная высота плотины $H_{пл.расч.}$ при предварительно назначенной отметке гребня на I,7 м выше ФПУ ( I63,I0).

$H_{н.расч.}$ = 9,5 м; $H_{max расч.}$ = I0,4 м; $H_{пл.расч.}$ = I2,4 м.

3. Плотина отсыпается из суглинка легкого. В соответствии с характеристиками грунта тела $\varphi_т = 2I^0$ и $C_т$ = I0 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 НУ 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 НУ при $Q_{5\%}$ ($h_{I\%}$ = I,0 м) - $h_{гл I\%}$ = I,44 м;

при ФПУ ($h_{I\%}$ = 0,5 м) - $h_{гл I\%} \simeq$ 0,72 м.

Высота ветрового нагона составляет 2 см. Необходимое возвышение гребня над НУ при $Q_{5\%}$ составляет $\Delta H$ = I,44+0,02+0,5 = I,96 м, над ФПУ - $\Delta H_1$ = 0,72+0,02+0,5 = I,24. Отметка гребня, предварительно назначенная ↓I63,I0, и $H_{пл.расч.}$ = I2,4 м при этом сохраняются.

5. Ширина плотины по гребню принимается 6,5 м по условию пропуска внутрихозяйственной автомобильной дороги Ш-с категории. Так как дорога низшей категории, и условие $\Delta H_1 \geq d_\varphi$ 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 тюфяка. В связи с возможностью подъема уровня воды в нижнем бьефе дренажный тюфяк располагается на отметках не ниже ↓I52,00. При этом допускается кратковременное подтопление его не более, чем на 0,5 м.

Расстояние от края плотины до оси дренажа $\ell_{др}$ = 9 м принимается по табл.2 приложения 6.

Дренаж располагается вдоль низового откоса до отметки НПУ - 4 = = I60,5 - 4 = I56,5. Выводы дренажа устраиваются через 20 м.

I0. Крепление верхового откоса выполняется из железобетонных унифицированных плит ПВ 40-20-I,5 омоноличенных в *секции*.

II. Вычерчивается генплан узла сооружений (см.лист I69).

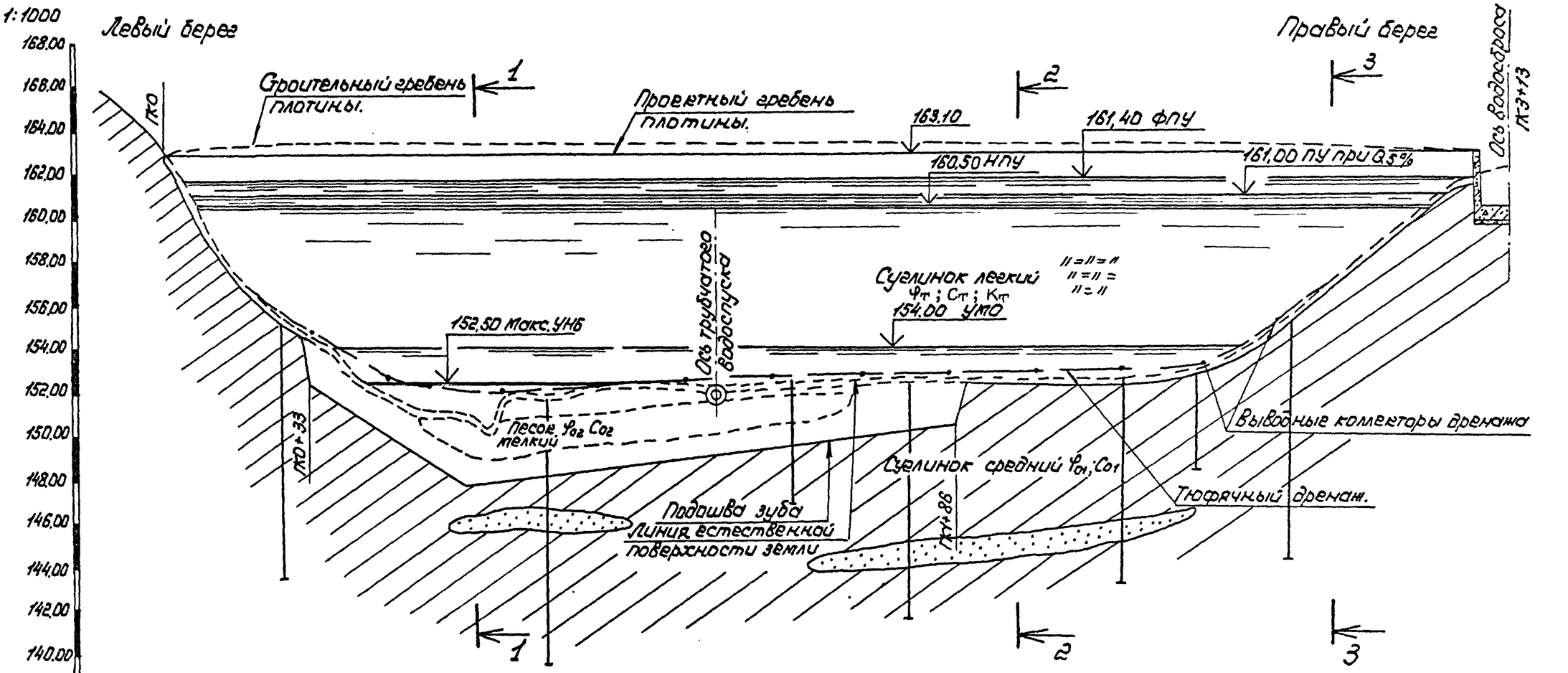
Взам.инв.№
Подпись и дата
Инв.№подл.

Альбом I, ч. II

820-04-28.87

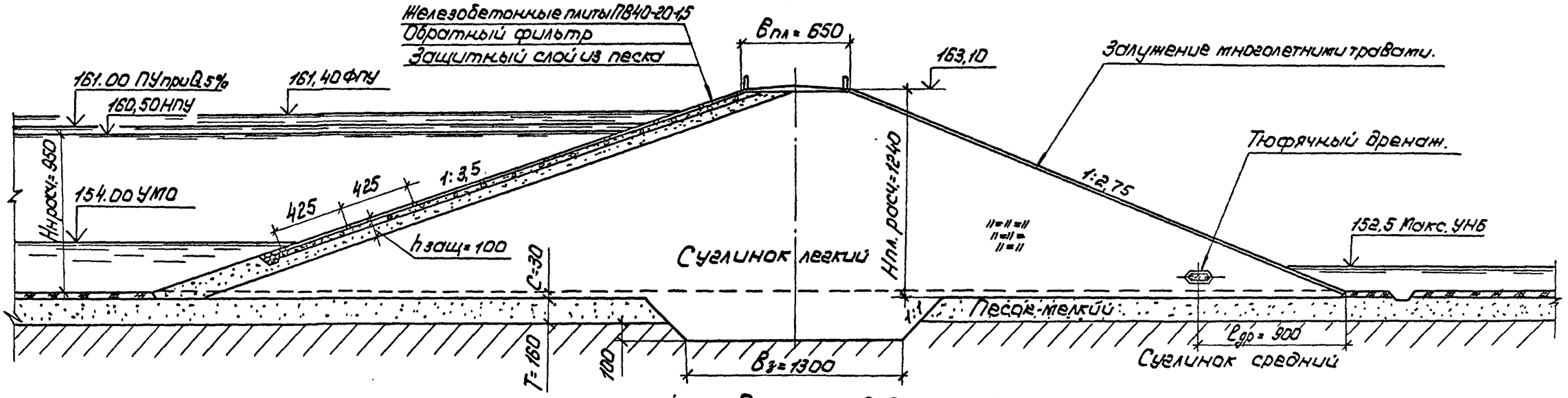
# Продольный разрез по оси плотины.

Масштаб:
верт. 1:200
гориз. 1:1000

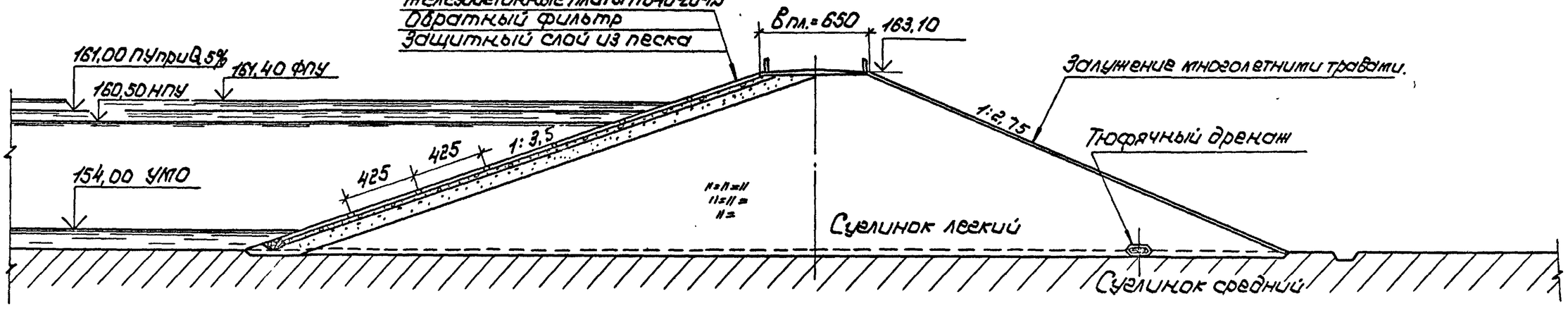



| | | |

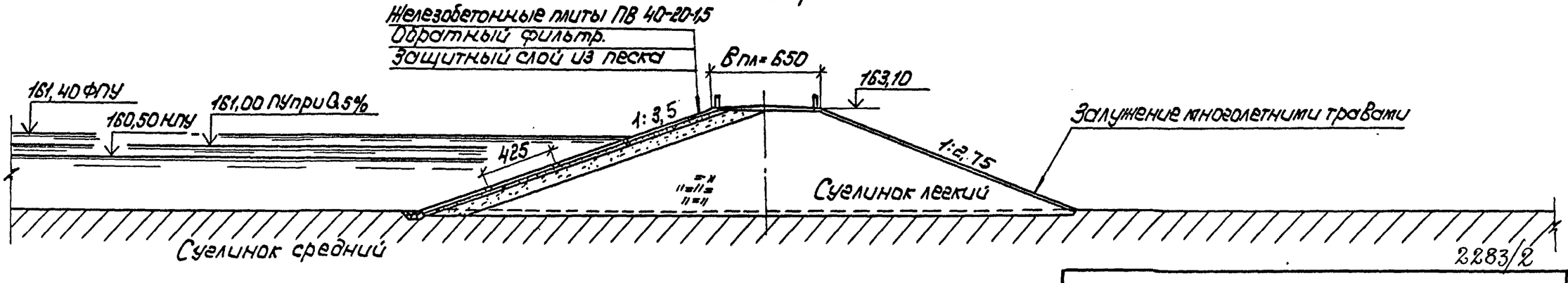
## Разрез 1-1 ПК0+72




## Разрез 2-2 ПК1+98




## Разрез 3-3 ПК2+70




2283/2

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

Альбом I, ч. II

820-04-28.87

# План
М 1:1000

С

Ю

Трубчатый водосброс

Крепление железобетонными плитами ПВ40-20-15

154,00 УМО

Ось ледозащитного устройства

160,5 НПУ

161,00 пу при i 5%

1:3,5

161,40 ФПУ

163,10

1:2,75

Водоотводная канава

Выводные коллекторы

Крепление засевом трав.

Водосбросное сооружение

Отводящий канал водосброса

р. Сынгя

162,0
161,0
160,0
159,0
158,0
157,0
156,0
155,0
154,0
153,0
152,0
151,0

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

2283/2