ЦНИИС
МИНТРАНССТРОЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ОСНОВАНИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Москва 1978

gost.e-ecolog.ru

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ОСНОВАНИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Москва 1975

УДК 624.131.54 : 539.375 : 624.21-462

© ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 1973 г.

П Р Е Д И С Л О В И Е

Методические указания по расчету оснований водопропускных труб по деформациям разработаны в соответствии с основными требованиями СНиП П-А.10-62, СНиП П-Б.1-62*, СНиП П-Б.3-62, СНиП П-Д.7-62* и "Технических условий проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб" (СН 200-62).

Внедрение методических указаний в практику проектирования и строительства имеет целью: улучшение качества водопропускных труб (в особенности строящихся в сложных инженерно-геологических условиях), снижение стоимости их строительства (главным образом, за счет сокращения числа свайных фундаментов), расширение сферы применения бесфундаментных металлических гофрированных труб.

Методические указания составил канд.техн.наук Р.Е.Подвальный на основании результатов исследований, проведенных СибЦНИИСом в 1965-1972гг. кандидатами техн.наук И.З.Лобановым, Р.Е.Подвальным, А.С.Потаповым, В.П.Матвеевым с учетом опыта строительства и эксплуатации водопропускных труб на железных дорогах Сибири.

Замечания и предложения по работе просим направлять по адресу: г.Новосибирск, 56, СибЦНИИС.

Директор СибЦНИИСа (Б.КОРЯКИН)

Руководитель отделения транспортных сооружений и конструкций (В.БОГАЕНКО)

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие методические указания распространяются на проектирование оснований водопропускных труб на железных и автомобильных дорогах, за исключением районов распространения вечномерзлых или просадочных грунтов.

I.2. Расчет по настоящим методическим указаниям производят для ограничения деформаций труб пределами, гарантирующими беспрепятственный пропуск воды по трубе, а также сохранность земляного полотна в ее зоне.

I.3. Деформации водопропускных труб характеризуются:

относительной осадкой-стрелой прогиба, отнесенной к полной длине трубы;

разностью осадок двух рядом расположенных секций;

возникновением обратного уклона лотка трубы;

величиной раскрытия межсекционных швов.

I.4. Расчет оснований труб проводят по условию

$$S \leq S_{доп}, \qquad (I)$$

где S - возможная деформация трубы;

$S_{доп}$ - предельно допустимая деформация.

I.5. Во всех случаях, когда рассматривается основание под насыпью (пп. 3.1-3.9), размеры поперечника насыпи принимают по сечению в месте расположения трубы.

При размещении труб в логах с крутыми склонами допускается принимать размеры поперечника насыпи средними для сечений на участке, равном двум высотам насыпи (по высоте в каждую сторону от оси трубы).

2. НАГРУЗКИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

2.I. Расчет по деформациям производят на нормативные нагрузки: постоянные - вес насыпи и элементов трубы, временные - от подвижного состава железных дорог или от подвижных вертикальных нагрузок автомобильных дорог.

2.2. В расчет вводятся нормативные характеристики, определяемые с учетом естественного напряженного состояния грунтов, а также возможного его изменения в процессе строительства и эксплуатации дорог.

2.3. Для грунтов оснований определяются следующие основные характеристики:

угол внутреннего трения φ , град.;
удельное сцепление C , кг/см^2;
модуль деформации E , кг/см^2;
объемный вес γ_0 , т/м^3;
начальный коэффициент пористости ε_0 ;
влажность на границе раскатывания W_p ,%;
влажность на границе текучести $W_т$, %;
естественная влажность W , %.

2.4. Для предварительных расчетов допускается принимать значения удельного сцепления, углов внутреннего трения и модулей деформации по табл.13 СНиП П-Б. I-62. На стадии рабочего проектирования эти данные можно применять после корректировки по материалам инженерных изысканий района строительства.

Для грунтов насыпи допускается принимать объемный вес γ , равным I,8 т/м^3, и угол внутреннего трения —30^0.

2.5. Значения угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистых грунтов верхнего слоя основания в пределах глубины промерзания принимают по данным лабораторных исследований с учетом его возможного обводнения, а также с учетом процесса промерзания-оттаивания (последнее - в случае отсыпки насыпи на промороженное основание).

2.6. Для предварительных расчетов допускается принимать объемный вес грунта основания равным I,7 т/м^3, а при учете взвешивающего действия грунтовой воды равным I,0 т/м^3.

3. Р А С Ч Е Т Ы

Условия применения расчета оснований труб по деформациям

3.I. Условиями, при которых можно вести расчет труб

по деформациям, являются:

Первое условие. Должны отсутствовать зоны пластического разрушения грунта в период строительства и эксплуатации трубы и насыпи:

а) в основании насыпи (глубокий сдвиг);

б) в зоне контакта насыпи и основания (плоский сдвиг), что обеспечивается при условии

$$K_0 = \frac{\tau_{пр}}{\tau} \geqslant 1 \quad , \qquad (2)$$

где K_0 - коэффициент стабильности;

$\tau_{пр}$ - сопротивление грунта сдвигу;

τ - наибольшее касательное напряжение.

Второе условие. Должно быть выполнено требование о том, чтобы среднее давление от нормативных нагрузок под подошвой фундамента трубы σ не превышало нормативного сопротивления основания, т.е.

$$\sigma \leqslant R^{н} \qquad (3)$$

Примечание. Предполагается, что проектом предусмотрена устойчивость откосов насыпи при проверке по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения, а для насыпей на косогорах, кроме того, устойчивость по фиксированным поверхностям сдвига.

3.2. При расчете основания допускаются следующие упрощения:

а) распределение напряжений в толще основания можно принимать по теории однородного, изотропного, линейно-деформируемого полупространства; расчеты производят для условий плоской задачи;

б) деформации отдельных слоев неоднородного основания определяют по модулям деформации, установленным для каждого слоя, и давлениям, определяемым по п.3.2,а.

3.3. При наличии в основании водонасыщенных глинистых грунтов, заиленных мелких или пылеватых песков коэффициент стабильности определяют без учета упрочнения грунта от веса насыпи (п.3.1,а) по формуле

$$K_0 = \frac{1}{\gamma H} \min \left(\frac{\sigma_б \operatorname{tg} \varphi + C}{\alpha_1 D_1} \right), \qquad (4)$$

где γ – объемный вес насыпи, т/м^3;

H – высота насыпи, м;

$\sigma_б = \sum_{i=1}^{n} (\gamma_{0_i} h_i)$ – естественное (бытовое) напряжение в рассматриваемой точке основания, т/м^2;

n – число расчетных слоев грунта, расположенных выше данной точки;

γ_{0_i} – объемный вес грунта i-ого слоя основания, т/м^3;

h_i – мощность грунта i-ого слоя основания, м;

$\alpha_1 = \frac{Z}{б}$ – отношение глубины расположения данной точки основания Z к полуширине основной площадки насыпи $б$;

D_1 – расчетный коэффициент, характеризующий распределение наибольших касательных напряжений, определяемый по графикам (рис.1) в зависимости от α_1 и отношений $\frac{В}{б}$ ($В$ – полуширина подошвы насыпи).

В случае, если коэффициент стабильности оказывается меньшим единицы, то принимают проектные решения, обеспечивающие $K_0 \geqslant 1$ (замена грунта основания, уположение откосов насыпи, устройство берм и т.п.), либо трубу проектируют с учетом возможных подвижек окружающего грунта (применяют фундамент с наклонными сваями, объединяют плиту свайного ростверка и др.).

3.4. При предварительных расчетах:

1. Можно определить высоту H и заложение m откосов насыпи, удовлетворяющих (при заданных φ и C) условию $K_{0_{min}} = 1$, при помощи графиков (рис.2). При построении графиков объемный вес грунта насыпи принят равным 1,8 т/м^3, объемный вес грунта основания – 1,0 т/м^3 (с учетом взвешивающего действия грунтовой воды).

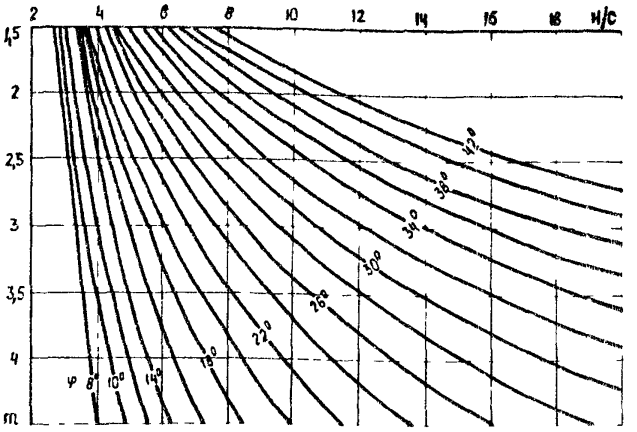


Рис.2.

2. Не производится проверка по п. 3.3 для однопутных насыпей при высоте меньшей, чем указано в табл.1.

Таблица I

Вид грунта основания	Предел раскатывания, %	Предельно допустимая высота насыпи, м			
		Консистенция грунта в основании			
		полутвердая	тугопластичная	мягкопластичная	текучепластичная
Супеси	9,5-12,4	6	6	6	6
Суглинки	9,5-12,4	10	7	5	4
	12,5-15,4	18	13	9	6
	15,5-18,4	26	18	12	8
	18,5-22,4	30	28	15	11
Глины	12,5-15,4	14	7	4	2
	15,5-18,4	20	10	6	4
	18,5-22,4	25	12	9	7
	22,5-26,4	30	16	12	9
	26,5-30,4	30	19	14	11

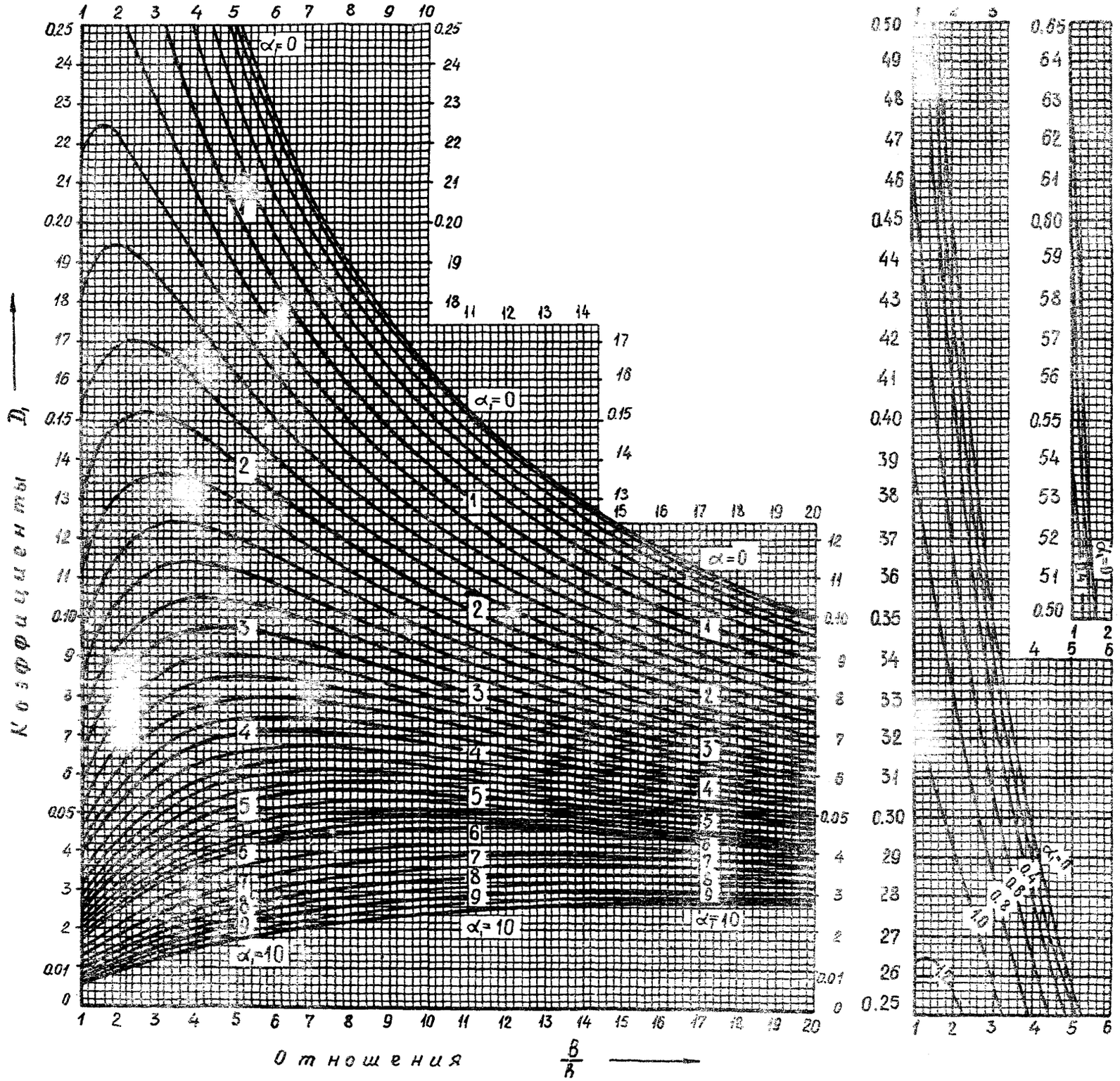

Коэффициенты D_1
Отношения $\frac{B}{h}$
$\alpha_1=0$
$\alpha_1=10$
$\alpha=0$
$\alpha=10$
$\alpha_T=0$
$\alpha_T=10$

Табл.I составлена для насыпей, крутизна откосов которых меняется через каждые 6,0 м на I:0,25; крутизна откоса на участке, примыкающем к основной площадке, равна I:I,5; нормативные характеристики грунтов приняты по табл.I3 СНиП П-Б.I-62.

3.5. Для дренирующих водонасыщенных грунтов, а также для связных грунтов при степени влажности $G \leq 0,8$ коэффициент стабильности определяют с учетом уплотнения грунта основания от веса насыпи (по методике Г.М.Шахунянца[I]).

Если величины характеристик грунта основания c и φ превышают значения, найденные по табл.I3 СНиП П-Б.I-62, указанную проверку не проводят.

3.6. Расчет по схеме плоского сдвига (п. 3.I,б) следует производить, когда у поверхности основания залегает слабая прослойка переувлажненного глинистого грунта, подстилаемого прочными породами.

За расчетную поверхность скольжения принимают в этом случае плоскость контакта слабой прослойки и подстилающих пород. Соответственно в расчет вводится высота насыпи, увеличенная на толщину прослойки.

Значения угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта основания принимают согласно п. 2.5.

3.7. Расчет по схеме плоского сдвига состоит в проверке условия

$$n_q \tau_{xz} \leq \tau_{пр}; \qquad (5)$$

где

$$\tau_{пр} = \sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c, \qquad (6)$$

$$\tau_{xz} = 2k\gamma\xi \frac{H^2}{B^2} x\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right); \qquad (7)$$

$$\sigma_z = k\gamma H\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right). \qquad (8)$$

I Железнодорожный путь, М., I969.

В формулах (5) – (8)

n_q – коэффициент, учитывающий влияние временной нагрузки; при $H < 8{,}0$ м его определяют по графику $n_q = f(H)$ (рис.3); при $H > 8{,}0$ м принимают равным I;

$k = 0{,}75\left(1 + \frac{b}{8}\right)$ – коэффициент формы поперечного сечения насыпи;

ξ – 0,333 – коэффициент бокового давления грунта насыпи;

X – координаты точек в расчетной плоскости, отсчитываемые от оси насыпи.

Если окажется, что $k > 1$, в расчет вводится $k = 1$, а $B = 1{,}5mH$; координата X отсчитывается от условной оси, отстоящей от подошвы откоса на расстоянии $1{,}5mH$.

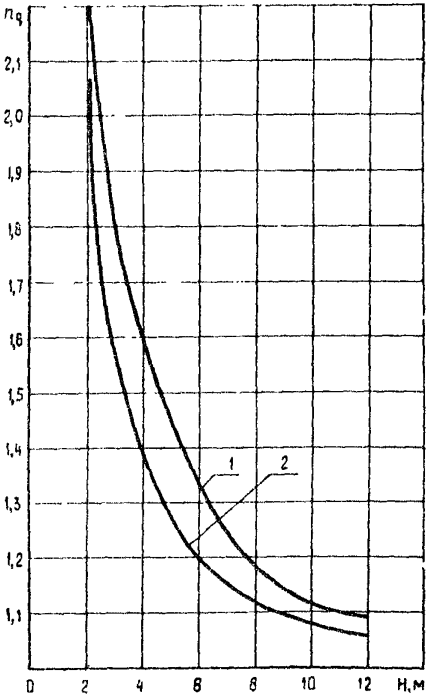


Рис.3. I – для нагрузки СИ (К = I4 т/м), 2 – для НК – 80

3.8. Для предварительной оценки устойчивости однопутных насыпей высотой более 8,0 м пользуются рис.4. При заданных характеристиках грунта слабой прослойки основания φ', C' и принятой в проекте высоте насыпи H заложение откоса m, полученное по графику (или более пологие откосы), соответствует положению, когда условие $n_q \tau_{xz} \leq \tau_{np}$ выполняется автоматически.

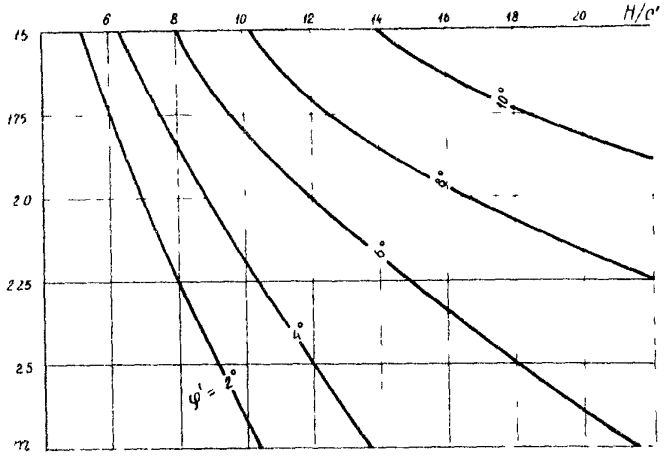


Рис.4

3.9. На косогорных участках, когда плоскость сдвига наклонена к горизонту под углом β , в формулы (5) и(6) вместо σ_z и τ_{xz} следует подставлять значения:

$$\sigma_{z_1} = \sigma_z \cos\beta - \tau_{xz} \sin\beta \ ; \qquad (9)$$

$$\tau_{x_1 z_1} = \sigma_z \sin\beta + \tau_{xz} \cos\beta .$$

3.10. Среднее давление под подошвой фундамента трубы, определяемое для проверки по второму условию п. 3.1, рассчитывают по формуле

$$\sigma = C\gamma H_3 + p + q , \qquad (10)$$

где C – коэффициент, определяемый в соответствии с приложением 8 СН 200-62 ;

H_3 – высота засыпки от верха трубы до подошвы шпал или до верха дорожного покрытия, м;

p – нормативное давление от соственного веса элементов трубы, включая фундамент, $Т/м^2$

q – нормативное давление грунта на звенья трубы от временной подвижной нагрузки, $Т/м^2$ (СН 200-62).

3.II. Нормативное сопротивление основания определяется по формуле

$$R^{н} = (Ab_{ф} + B'H_1)\gamma_{н_1} + Dc \quad т/м^2, \qquad (II)$$

где A, B', D – безразмерные коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения грунта основания, определяемые по табл.7 СНиП II-Б.I-62 или по рис.5;

$b_ф$ – ширина подошвы фундамента трубы, м;

$H_1 = h_ф + 0{,}5H$ – условная глубина заложения фундамента трубы, м;

$h_ф$ – глубина заложения фундамента, м;

$\gamma_{н_1}$ – средневзвешенное значение объемного веса грунта рядом с трубой (на высоте H_1), $т/м^3$.

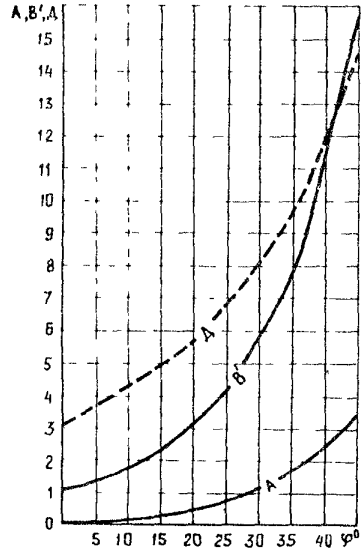


Рис.5.

3.I2. При однородных грунтовых основаниях проверка нормального давления выполняется только для наиболее нагруженных средних секций трубы.

Для труб со свайными фундаментами указанная проверка не производится.

Расчет осадок водопропускных труб

3.I3. Расчет производят для определения величин осадок и выяснения эксплуатационных условий работы сооружения, выбора рациональной конструкции фундамента трубы и элементов водоот-

вода и для определения величины строительного подъема.

3.14. Величина осадки под трубами принимается равной осадке основания насыпи за вычетом осадки поверхностного слоя, заменяемого фундаментом.

Расчетом определяется конечная (стабилизированная) осадка трубы, соответствующая полному уплотнению грунта основания.

3.15. Осадку труб определяют по формуле

$$S = n_q \sum_{i=1}^{n} S_i = n_q K \gamma H B \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{K_s^н - K_s^в}{E} \right) i , \qquad (12)$$

где S_i – деформация сжатия i-ого слоя основания, см;

E_i – модуль деформации грунта i-ого слоя, кГ/см^2;

$K_s^н$ и $K_s^в$ – расчетные коэффициенты (рис.6) для глубин расположения верхней (с индексом в) и нижней (с индексом н) границы i-ого слоя от подошвы насыпи, м;

x – расстояние от середины насыпи до точки, осадка которой определяется, м.

3.16. Суммирование ведется в пределах сжимаемой толщи. При этом толщину расчетных слоев следует назначать в зависимости от характера и мощности напластования грунтов основания.

3.17. Верхняя граница сжимаемой толщи находится на уровне подошвы фундамента трубы. Нижняя граница – на глубине (от подошвы насыпи), определяемой по формуле

$$H_д = (2{,}1 - 0{,}6\gamma)(2{,}5 + 1{,}2H). \qquad (13)$$

При наличии слоя несжимаемого грунта (например, скального) величину $H_д$ ограничивают глубиной залегания этого грунта.

3.18. Расчетная осадка труб со свайными фундаментами определяется в случае, если острия свай располагаются выше нижней границы сжимаемой толщи. Верхняя граница сжимаемой толщи принимается при этом в уровне острия свай. Расчет

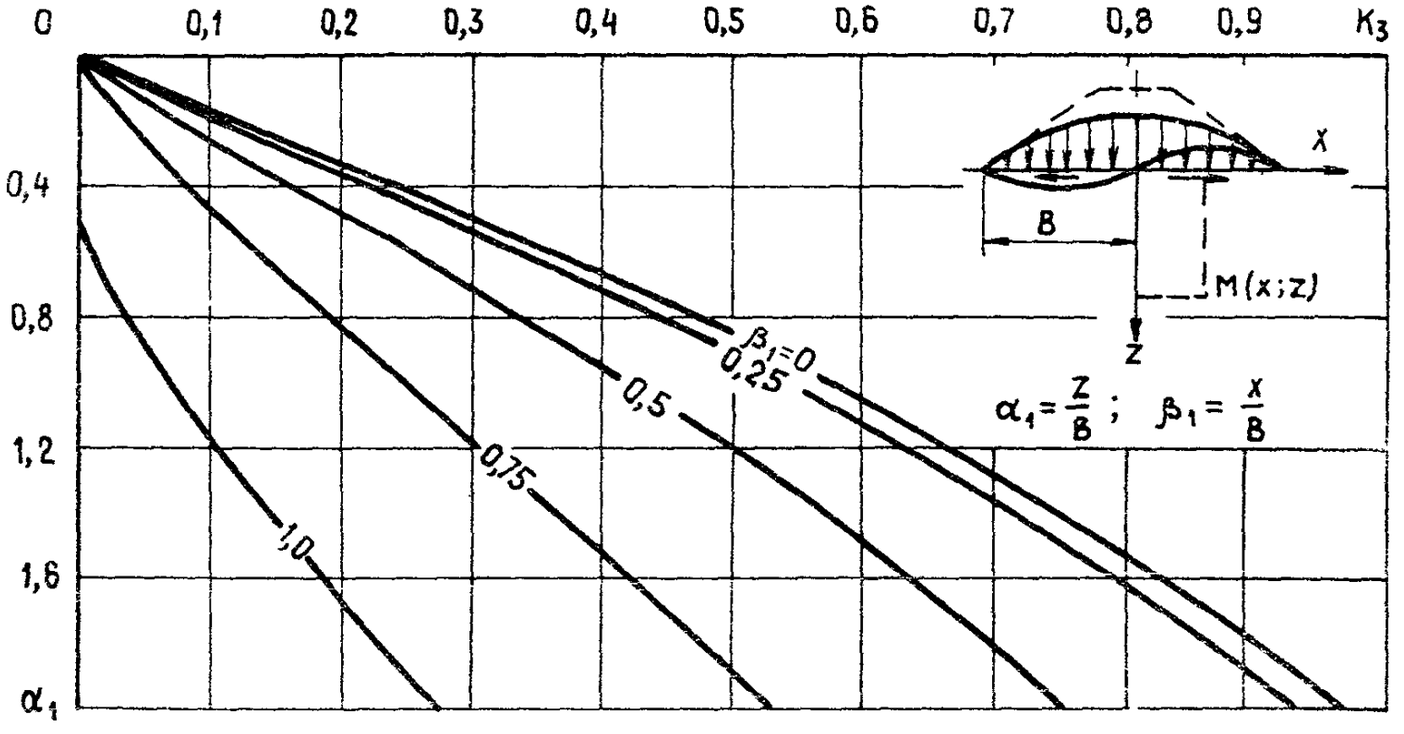

0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
K_3
0,4
0,8
1,2
1,6
α_1
$\beta_1=0$
0,25
0,5
0,75
1,0
X
B
M(x;z)
Z
$\alpha_1=\frac{Z}{B}$; $\beta_1=\frac{X}{B}$

Рис.6

производится по формуле (I2).

4. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

4.I. Предельно допустимую осадку труб под осью насыпи (п.I.4) определяют, исходя из условия свободного пропуска воды по трубе в период эксплуатации, по формуле

$$S_{доп} = \Delta_{доп} + 0{,}25iL, \qquad (I4)$$

где $\Delta_{доп} = 0{,}5\,(S + iL)$ - предельно допустимый строительный подъем;

i - продольный уклон трубы;

L - полная длина трубы, см.

В случае, если не соблюдается первое условие (п.3.I), то принимают проектные решения, обеспечивающие уменьшение осадки трубы, например, устройство свайных фундаментов, либо решения, предусматривающие увеличение уклона трубы.

4.2. Строительный подъем рассчитывается в соответствии с ожидаемыми осадками по формуле

$$\Delta = S - 0{,}25iL \qquad (I5)$$

Во всех случаях должно соблюдаться условие

$$\Delta \leqslant \Delta_{доп} \qquad (I6)$$

Очертание лотка трубы со строительным подъемом может быть принято по круговой кривой.

4.3. Строительный подъем не устраивают у труб, в основании которых залегают практически несжимаемые грунты - щебенистые, галечниковые, плотные твердые глины и другие, а также у труб, расчетные осадки которых не превышают $0{,}25iL$.

4.4. Ограничение допустимого раскрытия межсекционных швов с удлинением трубы (растяжка) обеспечивается при выполнении требований пп.3.I - 3.9.

3.5. В случае, когда глубина заложения фундамента оголовков превышает глубину заложения фундамента средней части трубы в 1,5 раза и более, лоток трубы у выходного оголовка должен устраиваться ступенчатым понижением в месте перехода к более глубокому фундаменту.

Величину понижения (уступа) определяют в зависимости от высоты насыпи и разницы высот фундаментов оголовка $h_{ог}$ и средней части трубы $h_ф$ по формуле

$$\Delta_{ог} = 0{,}3H(h_{ог} - h_ф) \quad см, \qquad (17)$$

но не менее 5 см.

В формуле (17) значения $H, h_{ог}, h_ф$ приняты в метрах.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1. Проверка стабильности основания по схеме глубокого сдвига (п.3.3).

Исходные данные: $H = 10{,}0$ м; $b = 3{,}25$ м; $B = 20{,}8$ м; $\gamma = 1{,}8$ т/м^3; основание – первый слой $h = 3{,}0$ м; суглинок текучепластичный водонасыщенный; $\gamma_0 = 1{,}0$ т/м^3; $\varphi = 0^0$; ($tg\varphi = 0{,}105$); $c = 3{,}0$ т/м^2; второй слой: $h = 12{,}0$ м; песок мелкий заиленный водонасыщенный; $\gamma_0 = 1{,}0$ т/м^3; $\varphi = 33^0$ ($tg\varphi = 0{,}649$); $c = 1{,}6$ т/м^2 (рис.7).

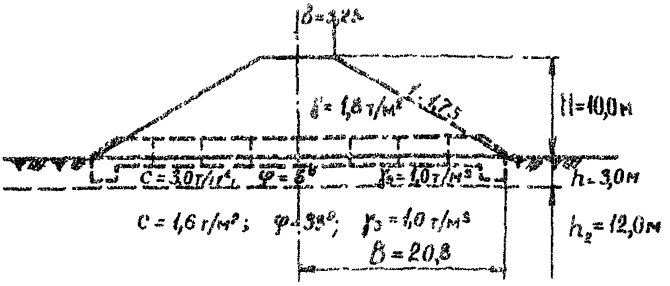


Рис.7.

Решение. 1. Определяют величину отношения

$$\frac{B}{b} = \frac{20{,}8}{3{,}25} = 6{,}4.$$

2. Определяют $K_0 = \frac{1}{1,8 \cdot 10,0} \min\left(\frac{\sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c}{\alpha_1 D_1}\right) = 0,055 \min\left(\frac{\sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c}{\alpha_1 D_1}\right)$

и результаты заносят в табл. 2.

Таблица 2

№ слоя	Z, м	$\sigma_z = \gamma_0 z$, т/м^2	$\sigma_z \operatorname{tg}\varphi$, т/м^2	$\sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c$, т/м^2	$\alpha_1 = \frac{z}{\ell}$	D_1	$\alpha_1 D_1$	K_0
I	I	I,0	0,I05	3,I05	0,8I	0,210	0,066	2,59
	2	2,0	0,210	3,210	0,62	0,20	0,124	I,42
	3	3,0	0,3I5	3,3I5	0,92	0,I84	0,I69	I,08
2	3	3,0	I,95	3,55	0,92	0,I84	0,I69	I,I5
	4	4,0	2,60	4,20	I,28	0,I69	0,207	I,I2
	5	5,0	3,24	4,48	I,54	0,I48	0,228	I,I7
	6	6,0	3,90	5,50	I,85	0,I35	0,250	I,2I

3. Анализируя данные табл.2, определяют $K_{0_{min}}$

В ы в о д. В основании нет пластического разрушения грунта; не следует ожидать возникновения растяжки трубы.

П р и м е р 2. Проверка по схеме плоского сдвига на равнинном участке (п.3.7).

И с х о д н ы е д а н н ы е: $H = 8,0$ м; толщина слабой прослойки 2,0 м; высота насыпи, вводимая в расчет, $H_1 = I0,0$ м; $\gamma = I,8$ т/м^3; $B_1 = I9,2$ м; $k = 0,88$; $\xi = 0,333$; основание (слабая прослойка) $\varphi = 8^0$; $(\operatorname{tg}\varphi = 0,I40)$; $c = I,4$ т/м^2.

Р е ш е н и е. I. Определяют τ_{xz} и σ_z по формулам:

$$\tau_{xz} = 2 \cdot 0,88 \cdot 0,333 \frac{I0,0^2}{I9,2^2}\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = 0,284\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right);$$

$$\sigma_z = 0,88 \cdot I,8 \cdot I0,0\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = I7,8\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right)$$

Результаты вспомогательных вычислений и конечные результаты заносят в табл.3.

Таблица 3

Величины	Отношение x/B							
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
x	0	3,84	7,68	11,52	13,44	15,36	17,30	19,2
x^2/B^2	0	0,04	0,16	0,36	0,49	0,64	0,81	1,0
$1-x^2/B^2$	1	0,96	0,84	0,64	0,51	0,36	0,19	0
$x(1-x^2/B^2)$	0	3,68	6,46	7,37	6,86	5,53	3,29	0
τ_{yz}	0	1,04	1,83	2,09	1,95	1,57	0,94	0
σ_z	15,8	15,2	13,3	10,1	8,00	5,6	3,0	0
$\sigma_z \cdot tg\varphi$	2,21	2,13	1,86	1,41	1,12	0,78	0,42	0
$\tau_{пр}=\sigma_z tg\varphi+c$	3,61	3,53	3,26	2,81	2,52	2,18	1,82	1,4

2. Строят эпюры $\tau_{пр}$ и τ_{xz} , как показано на рис.8.

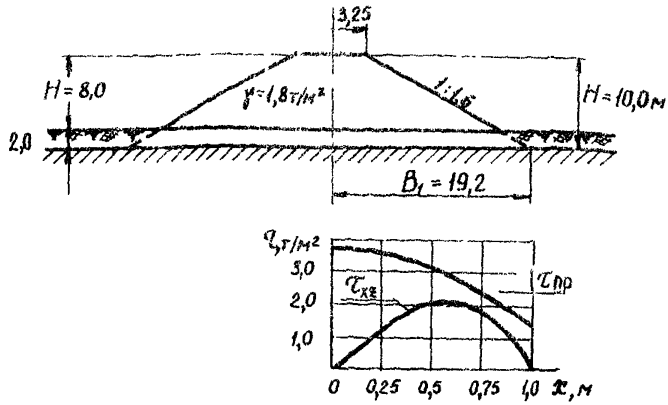


Рис.8

Вывод. Сопротивление грунта основания по слабой прослойке достаточно для восприятия касательных напряжений. Не следует ожидать возникновения растяжки трубы.

Пример 3. Проверка по схеме плоского сдвига на косогорном участке (пп. 3.7 и 3.9).

Исходные данные те же, что и для примера 2, но слабая прослойка подстилается скальными породами, наклоненными к горизонту в направлении поперек насыпи под углом $\beta = 8^{0}30'$; $\sin\beta = 0,148$; $\cos\beta = 0,989$; $\operatorname{tg}\beta = 0,15$.

Решение. I. Определяют σ_{z_1} и $\tau_{x_1z_1}$ по формулам:

$$\sigma_{z_1} = 0,989\sigma_z - 0,148\tau_{xz}; \quad \tau_{x_1z_1} = 0,148\sigma_z + 0,989\tau_{xz},$$

значения σ_z и τ_{xz} принимают по данным примера 2.

Результаты расчета заносят в табл.4.

Таблица 4

Величины	Отношение x/B							
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0
$0,989\sigma_z$	I5,6	I5,0	I3,2	I0,0	7,9	5,5	2,97	0
$0,148\sigma_z$	2,34	2,22	I,97	I,49	I,I8	0,83	0,44	0
$0,989\tau_{xz}$	0	I,03	I,8I	2,07	I,93	I,55	0,93	0
$0,148\tau_{xz}$	0	0,I5	0,27	0,3I	0,29	0,23	0,I4	0
σ_{z_1}	I5,6	I4,89	I2,93	9,69	7,6I	5,27	2,83	0
$\tau_{x_1z_1}$	2,34	3,25	3,78	3,56	3,II	2,38	I,37	0
$\tau_{пр} = \sigma_{z_1}\operatorname{tg}\varphi + C$	3,58	3,47	3,2I	2,76	2,46	2,I4	I,80	I,4

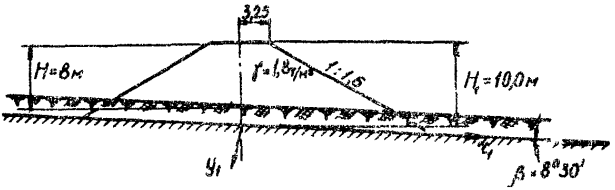
Строят эпюры $\tau_{пр}$ и $\tau_{x_1z_1}$ как показано на рис.9.

Вывод. Так как на некоторых участках $\tau_{пр} < \tau_{x_1z_1}$, сопротивление сдвигу недостаточно. Возможна растяжка трубы.

Пример 4. Проверка по схеме плоского сдвига с учетом временной нагрузки.

Исходные данные: $H = 3,5$ м; толщина слабой прослойки I,5 м; $H_1 = 15,0$ м, $B_1 = I2$ м; $\gamma = I,8$ г/м^3; $\xi = 0,333$; основание - слабая прослойка, $\varphi = 6^{0}$; ($\operatorname{tg}\varphi = 0,I05$); $C = 0,5$ т/м^2.

Расчет производят по формулам (5-8).



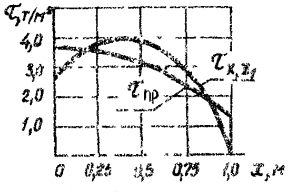


Рис.9

Р е ш е н и е. I. По графику рис.8 находят $n_q = 1{,}45$.

2. Определяют:

$$\tau_{xz} = 2 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}334 \frac{5^2}{12^2}\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = 0{,}197\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right);$$

$$\sigma_z = 0{,}95 \cdot 1{,}8 \cdot 5{,}0\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = 8{,}5\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right)$$

Результаты расчетов заносят в табл.5.

Таблица 5

Величины	Отношение x/B							
	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0
x	0	2,4	4,8	7,2	8,4	9,6	I0,8	I2,0
x^2/B^2	0	0,04	0,I6	0,36	0,49	0,64	0,8I	1
$1 - x^2/B^2$	I	0,96	0,84	0,64	0,5I	0,36	0,I9	0
$x(1 - x^2/B^2)$	0	2,30	4,08	4,60	4,29	3,46	2,05	0
τ_{xz}	0	0,45	0,79	0,90	0,84	0,68	0,40	0
$n_q\tau_{xz}$	0	0,65	I,I4	I,30	I,22	0,99	0,58	0
σ_z	8,50	8,I5	7,I8	5,44	4,34	3,06	I,6I	0
$\sigma_z \operatorname{tg}\varphi$	0,89	0,86	0,75	0,57	0,46	0,32	0,I7	0
$\tau_{пр} - \sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c$	I,89	I,86	I,25	I,07	0,96	0,82	0,67	0,5

3. Строят эпюры $\tau_{пр}$, τ_{xz} и $n_q\tau_{xz}$ как показано на рис.10.

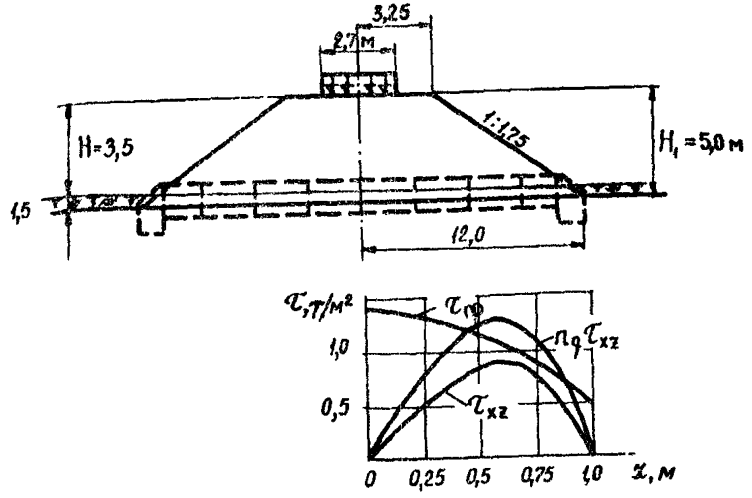


Рис.10

В ы в о д. Так как во всех точках $\tau_{пр} > \tau_{xz}$, а на одном из участков $\tau_{пр} < n_q\tau_{xz}$, растяжка трубы может возникнуть под действием суммарного силового воздействия (от собственного веса насыпи и от подвижной железнодорожной нагрузки). Непосредственно после отсыпки насыпи растяжка трубы не ожидается.

П р и м е р 5. Проверка основания под подошвой фундамента (пп. 3.10 и 3.11).

И с х о д н ы е д а н н ы е: труба прямоугольная железобетонная (рис.11) на фундаменте мелкого заложения; $H = 4$ м; высота засыпки $H_3 = 2{,}0$ м; $\gamma = 1{,}8$ т/м^3, $\operatorname{tg}\varphi_н = 0{,}577$; $\mu = 0{,}333$; $\varphi = 9^0$, $C = 1{,}0$ т/м^2, вес элемента трубы $p = 3{,}32$ т/м^2.

Р е ш е н и е. 1. По СН 200-62

$$A = \frac{H_3}{D} = \frac{2{,}0}{2{,}0} = 1{,}0\ ;\quad C = 1 + A\mu\operatorname{tg}\varphi_н = 1 + 1\cdot 0{,}333\cdot 0{,}577 = 1{,}19.$$

2. По СН 200-62

$$q = \frac{K}{0{,}5H + 1{,}4} = \frac{14}{0{,}5\cdot 2{,}0 + 1{,}4} = 5{,}8\ \text{т/м}^2.$$

3. Определяют нормативное давление от веса элементов трубы.

$$б = 1{,}19 \cdot 1{,}8 \cdot 2{,}0 + 3{,}32 + 5{,}8 = 13{,}4 \text{ Т/м}^2.$$

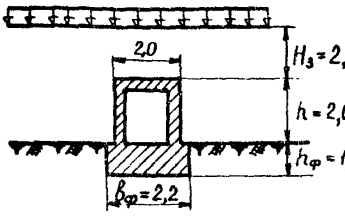


Рис.II

4. Рассчитывают нормативное сопротивление $R^н$, предварительно определив по рис.5 А = 0,2; $B^1 = 1{,}6$; D = 4,2 и $H_1 = 1{,}0 + 0{,}5 \cdot 4{,}0 = 3{,}0$ м;

$$R^н = (0{,}2 \cdot 2{,}2 + 1{,}6 \cdot 3{,}0) \times 1{,}8 + 4{,}2 \cdot 1{,}0 = 13{,}6 \text{ Т/м}^2.$$

В ы в о д. Условие $б < R^н$ выполнено. Зоны местного разрушения грунта под фундаментом не превзойдут допустимых.

П р и м е р 6. Расчет осадок трубы с фундаментом мелкого заложения и определение величины строительного подъема (пп. 3.15, 4.1 и 4.2).

И с х о д н ы е д а н н ы е: круглая железобетонная труба отверстием 1,5 м; $l_т$ = 35,0 м; i = 0,005; H = 9,2 м; б = 3,25 м; B = 17,5 м; K = 0,89, γ = 1,8 т/м^3; в основании - грунты (табл.6).

Р е ш е н и е. 1. Определяют

$$n_q K \gamma H B = 1{,}0 \cdot 0{,}89 \cdot 1{,}8 \cdot 9{,}2 \cdot 17{,}5 = 258 \text{ т/м}.$$

2. Производят расчеты согласно табл.6.

3. Определяют нижнюю границу сжимаемой толщи по формуле (13)

$$H_a = (2{,}1 - 0{,}6 \cdot 1{,}9) \cdot (2{,}5 + 1{,}2 \cdot 9{,}2) = 13{,}1 \text{ м}.$$

4. Определяют предельно допустимую осадку по формуле (14):

$$\Delta_{доп} = 0{,}5(17{,}7 + 0{,}005 \cdot 3500) = 17{,}6 \text{ см};$$
$$S_{доп} = 17{,}6 + 0{,}25 \cdot 0{,}005 \cdot 3500 = 22{,}0 \text{ см};$$
$$S = 17{,}7 < S_{доп} = 22{,}0.$$

Таблица 6

№ слоев	Наименование грунта	γ_0, т/м^3	E, кг/см^2	z_i, м	$\alpha_i = \frac{z_i}{B}$	$K_S^н$	$K_S^в$	$K_S^н - K_S^в$	S, см
I	Глина	I,9	60	0,7[x] I,5	0,040 0,086	– 0,050	0,020 –	0,030	I,I
2	Суглинок	I,9	60	I,5 I2,5	0,086 0,7I4	– 0,428	0,050 –	0,378	I5,9
3	Супесь	2,0	80	I2,5 I8,I[xx]	0,7I4 0,75	– 0,445	0,428 –	0,022	0,7

ΣS_i = I7,7

[x] Подошва фундамента.

[xx] Нижняя граница сжимаемой толщи.

5. Определяют строительный подъем по формуле (15):

$$17,7-0,25\cdot0,005\cdot8100 = 13,3 \text{ см};$$

$$\Delta = 13,3 < \Delta_{доп} = 17,6.$$

В ы в о д. Труба может быть построена без свай. Расчетные осадки не превзойдут допустимых. Средняя ордината строительного подъема равна 13,3 см.

П р и м е р 7. Расчет осадок трубы со свайным фундаментом (пп. 3.15 и 3.18).

И с х о д н ы е д а н н ы е: труба прямоугольная бетонная отверстием 2,0 х 2,0 м; $L = 45,6$ м; $i = 0,010$; фундамент свайный, длина свай 11,0 м (от лотка трубы до острия свай); $H = 12,0$ м, $b = 8,25$ м, $B = 22,8$ м, $k = 0,86$, $\gamma = 1,8$ т/м^3; основание до отметки 10,0 м суглинки текучие и текучепластичные водонасыщенные; $\gamma = 1,0$ т/м^3; с отметки 10,0 м и ниже – песок плотный; $E = 200$ кГ/см^2 (рис.12).

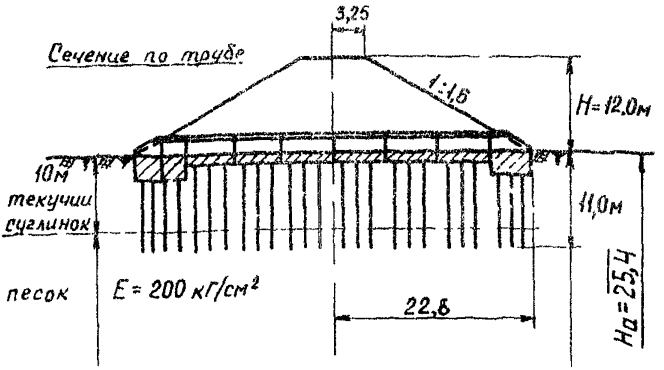


Рис.12.

Р е ш е н и е. 1. Определяют сжимаемую толщу

$$H_a = (2,1-0,6\cdot1,0)\,(2,5+1,2\cdot12,0) = 25,4 \text{ м},$$

$$z_б = 11,0 \text{ м};\ \alpha_1 = \frac{11,0}{22,8} = 0,48;\ \beta_1 = 0;\ K_S^б = 0,29;$$

$$z_н = 25,4 \text{ м};\ \alpha_1 = \frac{25,4}{22,8} = 1,11;\ \beta_1 = 0;\ K_S^н = 0,68;$$

2. Определяют

$$S = 1{,}0 \cdot 0{,}86 \cdot 1{,}8 \cdot 12{,}0 \cdot 22{,}8 \ \frac{0{,}63-0{,}29}{2000} = 0{,}072 \text{ м} = 7{,}2 \text{см}.$$

3. Определяют

$$0{,}25iL = 0{,}25 \cdot 0{,}01 \cdot 4560 = 11{,}4 \text{ см}.$$

В ы в о д. Так как $S < 0{,}25iL$, труба может быть построена без строительного подъема.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

I.ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 4

2.НАГРУЗКИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ..... 4

3.РАСЧЕТЫ 5

4.ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ..... I5

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА..... I6

Редактор Л.Н.КОЛЬЧЕНКО
Корректор М.Ф.ШУВАЛОВА

Подп. к печ. 3.X.73г. МЛ-89086

Заказ № 334. Тираж I50 экз.
Объем I,5 п.л.+ вклейка
Ротапринт ЦНИИСа.

gost.e-ecolog.ru