ЦНИИС
МИНТРАНССТРОЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТЯЖКИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

МОСКВА 1974

gost.e-ecolog.ru

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УТВЕРЖДАЮ:
Зам. директора института
/Г.ХАСХАЧИХ/

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТИЖКИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Москва 1974

УДК 624.21.001.24-462

© ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 1974

П Р Е Д И С Л О В И Е

"Методические рекомендации по предотвращению растяжки водопропускных труб" разработаны в Новосибирском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства в дополнение к действующим нормативным документам в соответствии с решением Технического управления Минтрансстроя.

В Рекомендациях изложена методика расчета и конструирования водопропускных труб с учетом явления растяжки в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе в районах вечной мерзлоты. Применение Рекомендаций послужит улучшению качества и долговечности водопропускных труб, повышению их устойчивости против растяжки - деформации весьма распространенной, особенно в Северной строительно-климатической зоне.

Рекомендации составлены кандидатами техн. наук А.С.Потаповым, Р.Е.Подвальным и И.З.Лобановым по результатам исследований, выполненных СибГИИСом в 1962-1972гг. совместно с проектными и строительными организациями Минтрансстроя. При разработке учтен многолетний опыт строительства и эксплуатации водопропускных труб на железных дорогах Сибири.

Отзывы, предложения и замечания просьба направлять по адресу: 630056, Новосибирск 56, СибГИИС.

Директор СибГИИСа /Б.Коркин/

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические рекомендации предназначены для проектирования труб в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе в районах вечной мерзлоты.

1.2. В работе приведены: методика определения условий, при которых возможно возникновение растяжки труб, рекомендации по проектированию и строительству труб с учетом явления растяжки.

1.3. Принято, что целостность трубы (отсутствие растяжки) должна быть обеспечена как во время строительства, так и в период эксплуатации. При этом учитывается, что для сооружений на талых грунтах наиболее неблагоприятным периодом является время отсыпки насыпи и первые годы эксплуатации. Для сооружений на вечномерзлых грунтах неблагоприятные условия, кроме того, могут возникать и в процессе последующей длительной эксплуатации.

1.4. Основным условием устойчивости труб против растяжки[1] под этой обеспечение стабильности основания и устойчивости откосов насыпи.[2]

1.5. Проектирование труб на вечномерзлых грунтах выполняют на основе расчетов теплового режима, исходя из принципа использования грунтов основания. При отсутствии таких расчетов принимают самое неблагоприятное положение верхней границы мерзлоты.

---

[1] Под растяжкой понимается удлинение труб с раскрытием межсекционных швов или с разрывом секций.

[2] Под стабильностью основания понимается отсутствие зон пластических деформаций (сдвиговых сдвигов, не выходящих на поверхность), в том числе по фиксированным плоскостям скольжения (слабым прослойкам грунта, по границе оттаивания и т.п.).

1.6. Рекомендуется следующий порядок проектирования:

1. Проверка устойчивости труб против растяжения исходя из условия стабильности основания[1]:

- расчет по схеме глубокого сдвига для определения возможности возникновения локальных зон пластических деформаций;

расчет по схеме плоского сдвига для определения возможности образования сдвигов по заданным плоскостям.

2. В зависимости от результатов расчетов принимают решение о проектировании труб:

- при выполнении указаний п.1.4 трубу проектируют по существующим нормам; к очертанию поперечника насыпи и к основанию не предъявляют каких-либо дополнительных требований;
- в случае, если результаты расчета свидетельствуют о возможности возникновения пластических деформаций, рассматривают варианты:

а) предотвращения растяжения труб путем обеспечения устойчивости основания;

б) конструктивного приспособления труб к условиям возможного перемещения окружающего ее грунта.

1.7. Во всех случаях (в том числе с мероприятиями, указанными в п.1.6) проектирование конструкции самой трубы осуществляют с использованием типовых решений из унифицированных элементов.

1.8. Указанные в п.1.6, а также в разделах 4 и 5 мероприятия могут применяться в отдельности или комплексно. Окончательное решение принимают на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом возможного срока развития деформаций.

---

[1] Проверка и обеспечение устойчивости откосов насыпи выполняются в соответствии с указаниями действующих нормативных документов.

1.9. На стадии проектирования следует предусматривать устройство приспособлений, позволяющих вести наблюдения и контроль за перемещением и деформациями трубы, насыпи и основания, а в Северной строительно-климатической зоне, кроме того, за температурой вечномерзлых грунтов основания.

1.10. Приведенные в разделе 6 рекомендации по производству работ относятся, главным образом, к районам вечной мерзлоты и имеют целью исключение деформаций труб в связи с неравномерным оттаиванием мерзлого грунта в основании.

2. НАГРУЗКИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

2.1. При расчете оснований и конструкций труб учитывают нагрузки:

- постоянные – вес насыпи и элементов трубы;
- временные – давление грунта от подвижного состава.

2.2. Расчеты ведут на нагрузки, которые получают умножением нормативных величин на коэффициент перегрузки n, принимаемый по табл.1.

Таблица 1

Род нагрузок	Коэффициенты n при расчетах	
	стабильности основания	конструктивных элементов
Давление от веса грунта	1,0	1,2 (0,8)
Вес конструкций трубы	-	1,1 (0,9)
Давление грунта от временной нагрузки	1,0	1,2 (0,8)

2.3. В качестве факторов сопротивления учитывают:

- при расчетах стабильности основания – нормативные характеристики;

– при расчетах конструктивных элементов – расчетные характеристики.

2.4. Для расчетов оснований необходимы следующие характеристики грунтов:

– угол внутреннего трения φ ;
– удельное сцепление c ;
– объемный вес γ_0 ;
– коэффициент пористости ε ;
– консистенция B ;
– степень влажности G

Указанные характеристики определяют с учетом естественного состояния грунтов и возможного его изменения в процессе строительства и эксплуатации.

2.5. Характеристики сопротивления сдвигу c и φ определяют:

а) для талых грунтов – методом быстрого среза образцов после полной их консолидации под уплотняющим давлением;

б) то же неконсолидированных образцов;

в) для оттаявших грунтов – методом быстрого среза образцов после полной их консолидации во время оттаивания под уплотняющим давлением;

г) для оттаивающих грунтов – методом быстрого среза неконсолидированных образцов немедленно после оттаивания.

2.6. При расчетах по схеме глубокого сдвига значения c и φ принимают по результатам испытаний согласно п. 2.5, а и в ; при расчетах по схеме плоского сдвига согласно п. 2.5, б и г.

2.7. Для предварительных расчетов значения c и φ допускается принимать по таблицам СНиП II-Б.1-62[x] и "Методических указаний по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (Оргтрансстрой, М., 1968). На стадии рабочего проектирования характеристики сдвига можно определять с помощью указанных таблиц после их проверки или корректировки по результатам изысканий района строительства.

3. ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБЫ ПРОТИВ РАСТЯЖКИ

3.1. Проверку стабильности основания по схеме глубокого сдвига выполняют при наличии в основании под трубой и под примыкающими к ней участками насыпи водонасыщенных глинистых грунтов, мелких заиленных и пылеватых песков, крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем, а также оттаивающих мерзлых грунтов (исключая скальные и монолитные скальные без линз и прослоек льда).

3.2. Расчет стабильности основания по схеме глубокого сдвига производят по условию

$$K_0 = \frac{1}{\gamma H n_q} \min \frac{c^н + \sigma_б \operatorname{tg} \varphi^н}{\alpha D} \geq 1, \qquad (1)$$

где K_0 – коэффициент стабильности;

γ – объемный вес грунта насыпи, т/м^3;

H – высота насыпи, м;

$n_q = 1 + \frac{q}{\gamma H}$ – коэффициент, учитывающий влияние временной вертикальной нагрузки;

q – давление по подошве насыпи от временной вертикальной нагрузки, т/м^2, определяемое по СН 200-62, где класс нагрузки К следует принимать равным 10 при талых и 14 при мерзлых грунтах в основании;

$c^н$ и $\varphi^н$ нормативные величины удельного сцепления, т/м^2, и угла внутреннего трения, град, в данной точке основания;

$\sigma_б = \sum_{i=1}^{n_i} (\gamma_0 h)_i$ – напряжение в той же точке от собственного веса грунта основания, т/м^2;

γ_{0_i} – объемный вес грунта в i – ом слое основания, т/м^3;

для водонасыщенных грунтов γ_0 ,0 т/м^3;

h_i – мощность i –го слоя основания, м;

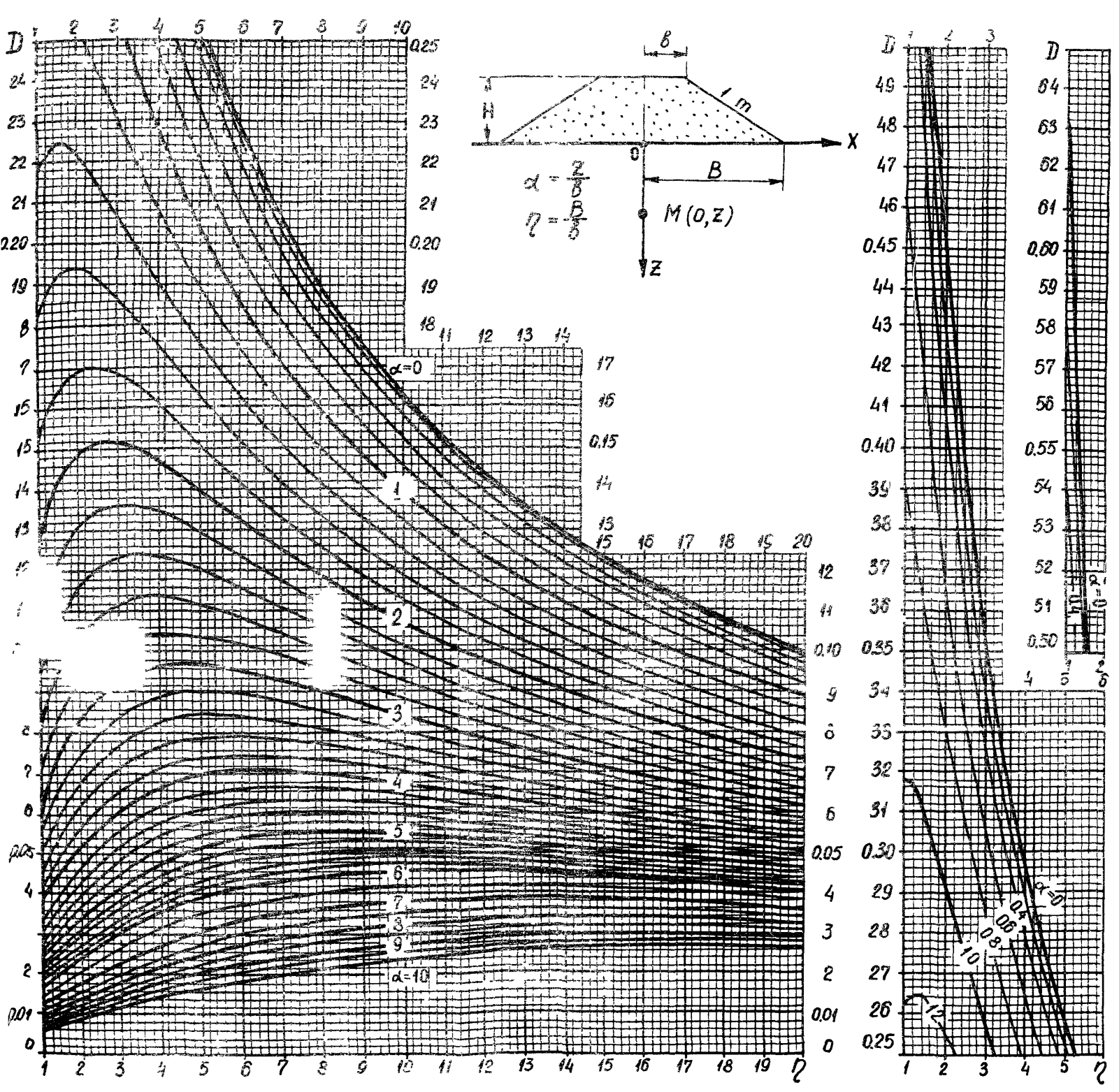

Рис.1. Графики вспомогательных коэффициентов для расчета стабильности основания по схеме глубокого сдвига

n_i – количество слоев грунта основания, расположенных выше данной точки;

$\alpha = x/b$ – отношение глубины расположения данной точки основания (от подошвы насыпи) к полуширине основной площадки;

D – коэффициент, определяемый по графикам на рис.1 в зависимости от отношения $\alpha = x/b$ и $\eta = B/b$;

B – полуширина подошвы насыпи, м.

3.3. Для предварительных расчетов допускается:

а) не производить проверку стабильности основания по формуле (1), если высота насыпи не превышает предельных величин, указанных в табл.2.

Таблица 2

Вид грунта в основании	Предел раскатывания,%	Предельно допустимая высота насыпи,м, при консистенции грунтов			
		полутвердой	тугопластичной	мягкопластичной	текучепластичной
Супесь	9,5 – 12,4	5			
Суглинок	9,5 – 12,4	9	6	4	2
	12,5–15,4	17	12	8	5
	15,5–18,4	26	17	11	7
	18,5–22,4	30	22	14	10
Глина	12,5–15,4	13	6	3	0
	15,5–18,4	19	9	5	2
	18,5–22,4	24	11	8	6
	22,5–26,4	28	15	10	8
	26,5–30,4	30	18	13	10

Примечания. 1. Таблица составлена для однопутных железнодорожных насыпей заложение откосов которых на участке, прилегающем к основной площадке, равно 1,5 и увеличивается на 0,25 через каждые 6 м по высоте. Нормативные характеристики грунтов основания приняты по табл.13 СНиП II-Б.1-62. Временная вертикальная нагрузка – С14.

2. Для заиленных мелких и пылеватых песков предельные высоты насыпи определяют как для супеси. Для крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем характеристики основания принимают по характеристикам заполнителя.

б) определять предельное заложение откосов насыпи m по графикам рис.2, рассчитанным для водонасыщенных грунтов при $K_0 = 1,00$, $\gamma = 1,8$ т/м^3.

Примечание. При неоднородном основании величины m определяют по характеристикам грунта каждого слоя и в качестве предельной принимают наибольшую из них.

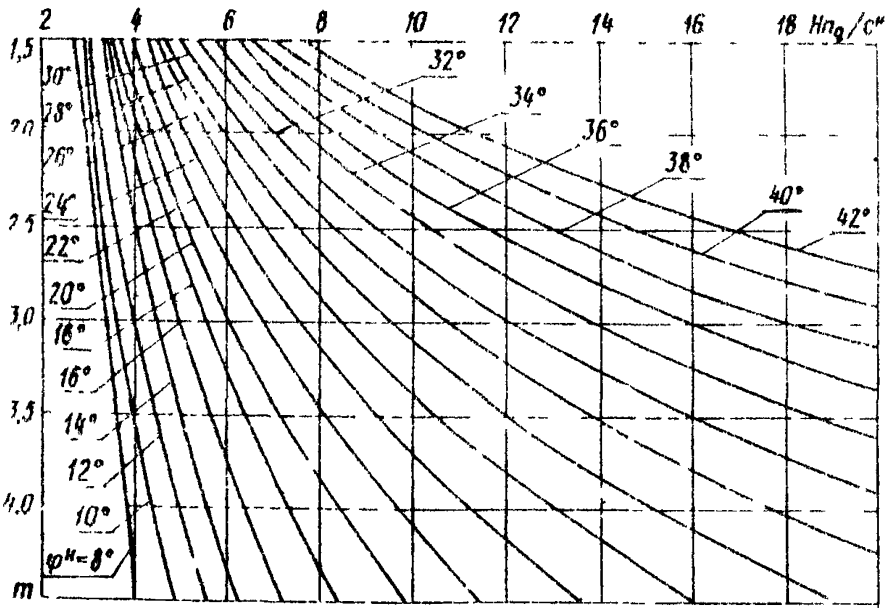

Рис.2. Графики $m = f(Hn_q/c^н; \varphi^н)$ при $\gamma_0 = 1,0$ т/м^3

3.4. В случае медленной отсыпки насыпи расчеты основания по схеме глубокого сдвига следует выполнять согласно "Методическим указаниям по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (Оргтрансстрой, М., 1968).

3.5. Проверку основания по схеме плоского сдвига выполняют для случаев, когда в основании под подошвой насыпи залегают слабые прослойки из грунтов, перечисленных в п.3.1, подстилаемые более прочными или мерзлыми грунтами.

3.6. Расчет стаоильности основания по схеме плоского сдвига (рис.3) производят по условию

$$n_q \tau_{xz} \leq \tau_{пр} \quad , \tag{2}$$

где

$$\tau_{пр} = \sigma_z \operatorname{tg}\varphi_1^н + c_1^н \quad ; \tag{3}$$

$$\sigma_z = k\gamma H\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) \quad ; \tag{1}$$

$$\tau_{xz} = 2k\gamma\xi\frac{H^2}{B^2}x\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) . \tag{5}$$

формулах (2) – (5):

H – высота насыпи от ее верха до уровня расчетной плоскости, м;

B – полуширина насыпи в уровне расчетной плоскости, м;

x – координаты точек в расчетной плоскости, отсчитываемые от оси насыпи, м;

ξ – коэффициент бокового давления грунта, который для насыпи разрешается принимать равным 0,333;

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

$c_1^н$ и $\varphi_1^н$ – нормативные величины удельного сцепления, т/м^2, и угла внутреннего трения, град, для грунта слабой прослойки.

Примечания. За расчетную плоскость принимают плоскость контакта слабой прослойки с более прочным грунтом, а для речноперзлых грунтов – границу оттаивания с учетом возможного ее перемещения.

2. При величине коэффициента $k > 1$ (рис.3,б) в расчет вводят $k = 1$ и $B = 1{,}5mH$; координаты x в этом случае отсчитывают от условной оси, отстоящей от подошвы откоса, продолженного до расчетной плоскости, на расстоянии $1{,}5mH$.

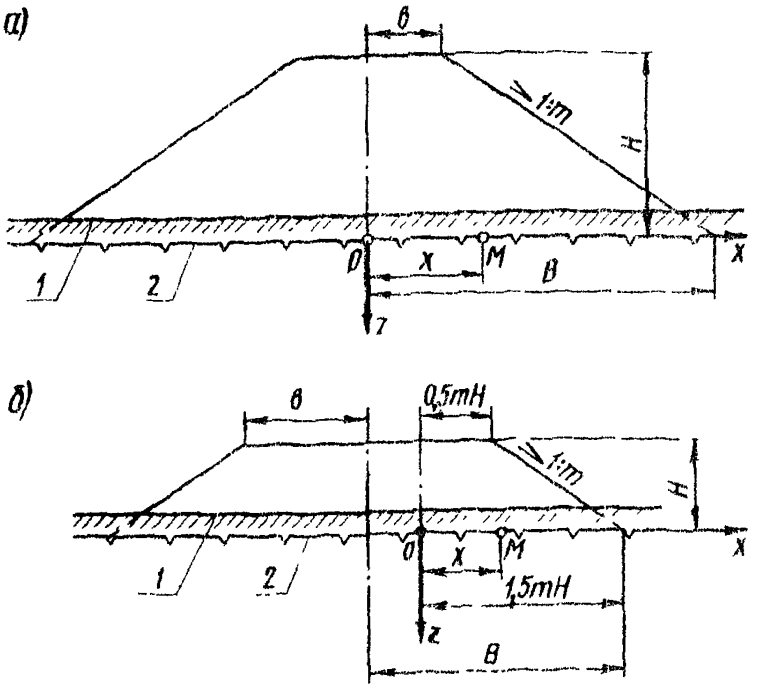

Рис.3. Схемы к расчетам по п.3.6: а – при $k \leq 1$; б – при $k > 1$; – подошва насыпи; 2 – нижняя граница слабой прослойки

3.7. Для труб на косогорах, когда плоскость сдвига наклонена к горизонту под углом β, в формулы (2) и (3) вместо σ_z и τ_{xz} следует подставлять значения σ_{z_1} и $\tau_{x_1z_1}$, определяемые следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{z_1} &= \sigma_z \cos\beta - \tau_{xz} \sin\beta \\ \tau_{x_1z_1} &= \sigma_z \sin\beta + \tau_{xz} \cos\beta \end{aligned}\right\}, \qquad (6)$$

где σ_z и τ_{xz} – напряжения по горизонтальной плоскости, рассчитываемые по формулам (1) и (5).

3.8. Для предварительных расчетов по условию (2) допускается определять предельное заложение откосов насыпи m по графикам рис.4.

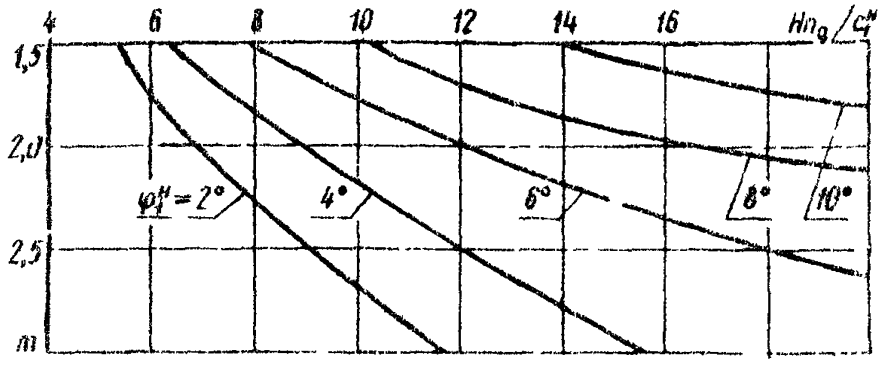

Рис.4. Графики $m = f(H, c_I^H, \varphi_I^H, n_q)$

3.9. Расчеты основания под насыпью с бермами или с откосами переменной крутизны выполняют для упрощенного поперечника с уположенными откосами заложение которых $m = \frac{B - b}{H}$

4. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСТЯЖКИ ТРУБ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЯ

4.1. К основным мероприятиям по предотвращению растяжки труб путем обеспечения стабильности основания относятся:

а) вынос трубы на борт лога;

б) уположение откосов насыпи или устройство насыпи с бермами;

в) замена слабых грунтов в основании;

г) уплотнение или укрепление грунта основания (для вечномерзлых грунтов с предварительным оттаиванием).

4.2. При выносе трубы на борт лога в проекте должна быть предусмотрена засыпка тальвежной части недренирующим грунтом. Требования по отсыпке и уплотнению грунтов должны быть такими же, как и при устройстве насыпи.

1.3. Уположение откосов насыпи или устройство насыпи с бермами производят по расчету (см.формулы (1) и (2)). Длину участка такой насыпи принимают равной двукратной ее высоте в каждую сторону от оси трубы. При крутых бортах лога длина этого участка может быть уменьшена; границы его находят, выполняя указанные выше условия.

Примечания. 1. Предварительно размеры берм можно определить, пользуясь графиками рис.2, исходя из равенства площадей поперечника с уположенными откосами, полученными по графикам, и поперечника с бермами.

2. При насыпях с бермами допускается в пределах оголовков переходить на обычный поперечник – без берм; разрыв берм при этом должен быть минимальным.

4.4. Границы области замены грунта в основании определяют следующим образом:

- глубину H_n находят расчетом по указаниям п.4.5;
- ширину (размер поперек оси пути) принимают не менее ширины подошвы насыпи;
- длину D_n принимают равной четырехкратной глубине замены в каждую сторону от оси трубы.

4.5. Глубину замены слабых грунтов (отметку подошвы грунтовой подушки) определяют из условий обеспечения стабильности основания. Расчеты ведут по указаниям пп.3.2 и 3.6.

При расчетах по п.3.2 учитывают следующие допущения (рис.5):

1) поверхность основания и подошву насыпи условно переносят на уровень подошвы грунтовой подушки и все расчеты ведут от этой условной поверхности (плоскости MN);

2) напряжения от собственного веса грунта основания рассчитывают от действительной поверхности (плоскости KL), причем объемный вес грунта в подушке принимают равным 1.8 т/м^3, а при отсыпке подушек из дренирующих грунтов, объединение которых производят по отсыпки не менее т/м^3.

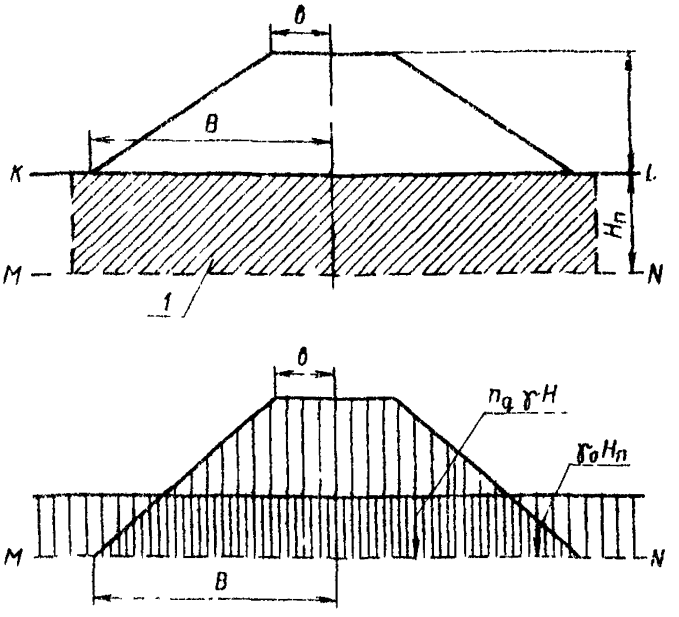

Рис.5. Схема нагрузок к расчету глубины замены грунта:
I – зона замены грунта

4.6. Применяемые для замены грунты должны отвечать условиям отсыпки их в насыпь. Плотность грунта в подушке должна быть не ниже плотности его в насыпи.

4.7. При устройстве подушки из крупнообломочных грунтов с опиранием ее подошвы на прочные и устойчивые (скальные или крупнообломочные) грунты размеры подушки вдоль оси насыпи могут назначаться в соответствии со схемой рис.6. В этом случае необходим расчет устойчивости фундамента против скольжения по подушке в соответствии с указаниями п.51 СН 200-62. Сдвигающие усилия определяют по п.5.2.

4.8. В случае, если основание сложено неустойчивыми и сильно деформируемыми при оттаивании вечномерзлыми грунтами, в проекте замены грунта необходимо предусматри

вать мероприятия по предохранению основания подушки от отепляющего воздействия фильтрирующих вод.

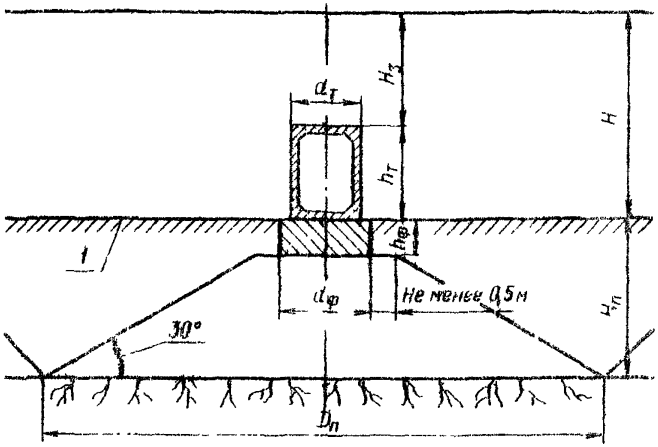

Рис.6. Конструкция подушки из крупнообломочных грунтов при неглубоком залегании прочных пород в основании: I – подошва насыпи

5. КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТЯЖКИ ТРУБ

5.1. Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости труб против растяжки при возможных подвижках окружающего грунта, включают:

а) применение фундаментов, объединенных по длине;

б) экранирование труб;

в) применение фундаментов с наклонными сваями;

г) применение металлических труб без разрезки их на секции.

Примечание. Конструктивное приспособление труб к восприятию усилий продольной растяжки в необходимых случаях должно быть дополнено мероприятиями против повышенных неравномерных осадок (например, применение свайных фундаментов).

5.2. Конструктивные элементы, предназначенные для восприятия продольного силового воздействия, рассчитывают на усилие

$$T = \Sigma N \operatorname{tg} \varphi^{H} \quad , \tag{7}$$

где N - расчетные величины нормальных сил по поверхности трубы (включая фундамент) на половине ее длины, но не более чем на участке (от подошвы откоса) длиной $1{,}5\,mH$.

При опирании фундамента трубы на подушку из крупнообломочных грунтов, устраиваемую по п.4.7, а также при его заглублении в основание до прочных скальных или крупнообломочных грунтов, силы трения по поверхности контакта трубы с этими грунтами принимают удерживающими и продольное усилие определяют по формуле

$$T = \Sigma N \operatorname{tg} \varphi^{H} - m \Sigma N_{n} \psi \quad , \tag{8}$$

где N_n - расчетные величины нормальных сил на контакте фундамента и подушки или скальных (крупнообломочных) грунтов основания;

φ - коэффициент трения кладки по грунту;

m - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,8.

При расчете по формуле (8) нормальные силы N по контакту фундамента и подушки или скальных (крупнообломочных) грунтов не учитывают.

5.3. Распределение продольных усилий по длине трубы допускается принимать по формуле

$$T_x = T\left(1 - \frac{x^2}{\beta^2}\right) \tag{9}$$

5.4. Экранирование труб заключается в укладке вдоль трубы неразрезных полос, рассчитываемых на восприятие усилий, определяемых по пп.5.2 и 5.3.

5.5. Материалом для экранирующих элементов может служить металл, железобетон, дерево, пластмасса и т.п.

Выбор материала производят на основе технико-экономического анализа. При этом учитывают ожидаемый период деформаций труб. Для высокотемпературных вечномерзлых грунтов в основании, когда растяжки, как правило, продолжаются длительное время, следует предусматривать более долговечный материал с соответствующей антикоррозийной защитой.

5.6. Проектирование фундаментов на наклонных сваях выполняют, учитывая совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок. Наклон свай под фундаментами всех секций и оголовков принимают одинаковым, рассчитывая их на суммарное продольное усилие. В пределах одной-двух средних секции могут быть приняты вертикальные сваи.

6. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

6.1. Строительство водопропускных труб и возведение насыпей в местах их расположения должны вестись в соответствии с указаниями действующих нормативных документов и приведенных ниже рекомендаций.

При разработке проектов труб в сложных инженерно-геологических и мерзлотных условиях наиболее важные указания и рекомендации по технологии и организации строительства следует отражать в рабочих чертежах.

6.2. Строительство трубы должно вестись непрерывно. Как правило, не допускаются перерывы по времени между смежными технологическими операциями, включая монтаж и засыпку трубы. При вечномерзлых грунтах в основании одновременно с засыпкой трубы следует производить отсыпку насыпи на высоту не менее 2м на расстояние 15–20 м в каждую сторону от трубы.

Планировку и укрепление откосов насыпи следует выполнять сразу после ее отсыпки (на расстоянии, равном двум высотам насыпи).

6.3. На всех стадиях строительства труб должен быть обеспечен надежный водоотвод. Планировку и укрепление русел следует выполнять сразу после окончания монта-

ка и засыпки трубы.

При строительстве труб на вечномерзлых грунтах, а также на талых, когда обводнение может привести к ухудшению их свойств, необходимо принимать меры против застоев воды вблизи труб, затопления котлованов и пазух, обводнения подушек и т.п.

6.4. Засыпку тальвежной части (см.п.4.2) следует производить одновременно с отсыпкой насыпи.

6.5. При строительстве труб на вечномерзлых грунтах должен быть обеспечен предусмотренный проектом тепловой режим под трубой, руслом и прилегающими участками насыпи. В необходимых случаях следует принимать меры по сохранению естественного растительного покрова.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

ПРИМЕР I. ПРОВЕРКА СТАБИЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЯ ПО СХЕМЕ ГЛУБОКОГО СДВИГА (п.3.2)

И с х о д н ы е д а н н ы е. Прямоугольная бетонная труба отверстием I,5 м. Насыпь высотой H =9,1м из суглинка; заложение откосов m : на верхних 6 м – I,5, ниже – I,75, среднее – I,60; b = 3,25 м ; B = I8,2м; γ = I,9 т/м^3. Основание из талых водонасыщенных суглинков: $c^н$ = 3,0 т/м^2; $\varphi^н$ = 20^0; γ_0 = I,0 т/м^3 (с учетом взвешивания в воде). Коэффициент перегрузки n = I,0.

Р е ш е н и е. I. $\eta = \frac{B}{b} = \frac{I8,2}{3,25} = 5,6$.

2. $n_q = I + \frac{q}{\gamma H} = I + \frac{I,64}{I,9 \cdot 9,4} = I,092$,

где q = I,64 т/м^2 по п.12I СН 200-62 для K = I0 (класс нагрузки принят исходя из того, что основание из талых грунтов стабилизируется в первый период после отсыпки насыпи).

Таблица 3

z. м	h м	γ_0. т/м³	$\gamma_0 h$. т/м²	$\sigma_б$, т/м²	$c^н$, т/м²	$\varphi^н$, °	$tg\varphi^н$	$c^н - \sigma_б tg\varphi^н$ т/м²	ε	D	αD	$\frac{c^н - \sigma_б tg\varphi^н}{\alpha D}$	K_0
1	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	20	0,364	2,364	0,3	0,232	0,070	33,8	1,72
2	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	20	0,364	2,728	0,6	0,219	0,132	20,7	1,08
3	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	20	0,364	3,092	0,9	0,199	0,179	17,2	0,87
4	1,0	1,0	1,0	4,0	2,0	20	0,364	3,456	1,2	0,180	0,216	16,0	0,82
5	1,0	1,0	1,0	5,0	2,0	20	0,364	3,820	1,5	0,162	0,243	15,7	0,80
6	1,0	1,0	1,0	6,0	2,0	20	0,364	4,184	1,8	0,146	0,268	15,9	0,81
7	1,0	1,0	1,0	7,0	2,0	20	0,364	4,548	2,2	0,126	0,277	16,4	0,84
8	1,0	1,0	1,0	8,0	2,0	20	0,364	4,912	2,5	0,114	0,285	17,2	0,88
9	1,0	1,0	1,0	9,0	2,0	20	0,364	5,276	2,8	0,103	0,288	18,3	0,93
10	1,0	1,0	1,0	10,0	2,0	20	0,364	5,640	3,1	0,092	0,285	19,8	1,01

3) По формуле (I) $K_6 = \frac{I}{I,9 \times 9,4 \times I,092} \min \frac{c^н + \sigma_6 tg\varphi^н}{\alpha D} =$

$= 0,05I \min \frac{c^н + \sigma_6 tg\varphi^н}{\alpha D}$, где $\alpha = \frac{\pi}{3,25}$ (z - глубина расположения данной точки); D - коэффициенты, определяемые по графикам рис. I.

Результаты расчетов сводят в табл.3.

Анализируя данные таблицы, находят $k_0 = 0,8 < I,0$.

В ы в о д. Стабильность основания не обеспечена и, следовательно, возможна растяжка трубы.

ПРИМЕР 2. ПРОВЕРКА СТАБИЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЯ ПО СХЕМЕ ПЛОСКОГО СДВИГА (п.3.6).

И с х о д н ы е д а н н ы е. Круглая железобетонная труба отверстием I,5 м. Насыпь высотой $H = 4,0$ м из суглинка (с учетом толщины слабой прослойки); $b = 3,25$ м; $B = I0,2$ м; $\gamma = I,9$ т/м^3; $\xi = 0,333$. Основание - верхний (деятельный) слой, толщиной I,5 м - суглинок ($c_I^н = 0,39$ т/м^2; $\varphi_I^н = 4^0$; $tg\varphi_I^н = 0,069$) подстилается вечномерзлым грунтом. Коэффициент перегрузки $n = I,0$.

Р е ш е н и е. I. $K = 0,75 \left(I + \frac{b}{B}\right) =$

$= 0,75 \left(I + \frac{3,25}{I0,2}\right) = 0,99.$

2. $n_q = I \frac{q}{\gamma H} = I + \frac{1,18}{I,9 \times 4,0} = I,55.$

где $q = 4,18$ т/м^2 для $K = I4$.

3. $\sigma_z = k\gamma H\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = 7,5\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right);$

$$\tau_{xz} = 2k\gamma\xi \frac{H^2}{B^2} x\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right) = 0,193x\left(1 - \frac{x^2}{B^2}\right).$$

Результаты расчета сводят в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	x/B							
	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
x	0	2,04	4,08	6,12	7,14	8,16	9,18	10,2
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	1,96	3,42	3,92	3,64	2,94	1,71	0
l_{xz}	0	0,38	0,66	0,76	0,70	0,57	0,34	0
$n_q\tau_{xz}$	0	0,59	1,02	1,17	1,09	0,88	0,52	0
σ_z	7,5	7,2	6,3	4,8	3,8	2,7	1,4	0
$\sigma_z n_q \varphi_1^H$	0,52	0,50	0,43	0,33	0,26	0,19	0,10	0
$\tau_{np} - \sigma_z \operatorname{tg}\varphi_1^H$	0,9	0,89	0,82	0,72	0,65	0,58	0,49	0,39

Результаты расчета свидетельствуют о том, что на участке от $0,4B$ до $0,9B$ величины $n_q\tau_{xz}$ превышают предельное сопротивление сдвигу.

В ы в о д. При совместном воздействии постоянной и временной нагрузок стабильность основания не обеспечивается и, следовательно, возможна растяжка трубы.

ПРИМЕР 3. РАСЧЕТ ЗАМЫВИ СЛАБОГО ГРУНТА В ОСНОВАНИИ (пп.4.4 и 4.5)

И с х о д н ы е д а н н ы е по примеру 1. $n_q = 1,09$. Замену производят дренирующим грунтом, обводнение которого произ одет до отметки насыпи; $\gamma_0 = 1,0$ т/м^3.

Р е ш е н и е. 1. Ориентировочно назначают глубину замыва $H_n = 4,0$ м.

2. $K_0 = 0,67 \dfrac{c^H + \sigma_z \operatorname{tg}\varphi^H}{\alpha D}$ где

$\alpha = \dfrac{x - H_n}{3,25} = \dfrac{x - 1,0}{3,25}$. Результаты расчетов сводят в табл.

x,	h,	γ_0, т/м^3	$\gamma_0 h$, т/м^2	σ_s, т/м^2	$c^н$, т/м^2	$\varphi^н$, ^{0}C	$\operatorname{tg}\varphi^н$	$c^н+\sigma_s\operatorname{tg}\varphi^н$, т/м^2	α	D	αD	$\frac{c^н+\sigma_s\operatorname{tg}\varphi^н}{\alpha D}$	K_0
0													
1	4,0	1,0	4,0	4,0	2,0	20	0,364	3,456	0	0,239	0		
2	4,0	1,0	4,0	8,0	2,0	20	0,364	5,320	0,3	0,232	0,070	54,6	2,78
3	4,0	1,0	4,0	12,0	2,0	20	0,364	7,184	0,6	0,217	0,130	32,2	1,64
4	4,0	1,0	4,0	16,0	2,0	20	0,364	9,048	0,9	0,199	0,179	25,4	1,29
5	4,0	1,0	4,0	20,0	2,0	20	0,364	10,912	1,2	0,180	0,216	22,8	1,16
6	4,0	1,0	4,0	24,0	2,0	20	0,364	12,776	1,5	0,162	0,243	21,7	1,11
7	4,0	1,0	4,0	28,0	2,0	20	0,364	14,640	1,8	0,145	0,261	21,6	1,10
8	4,0	1,0	4,0	32,0	2,0	20	0,364	16,504	2,2	0,126	0,277	21,7	1,11
9	4,0	1,0	4,0	36,0	2,0	20	0,364	18,370	2,5	0,114	0,285	22,4	1,14

3. Анализируя данные таблицы, находят $K_0 = 1,10 > 1,0$. Глубина замены принята с запасом.

4. Уменьшают глубину замены грунта до $H_п = 3,0$ м и повторяют расчет по п.2.

5. Анализируя данные таблицы повторного расчета, получают $K_0 \approx 1,00$.

В ы в о д. Стабильность основания под грунтовой подушкой обеспечена.

Глубину области замены можно принять равной $H_п = 3,0$м.

Длина (вдоль оси насыпи) области замены грунта $D_п = 3,0 \times 1 \times 2 = 24$м.

Ширина области замены грунта $B = 2 \times 18,2 = 36,4$м.

ПРИМЕР 4. РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРОДОЛЬНОЙ РАСТЯЖКИ (п.5.2)

И с х о д н ы е д а н н ы е. Прямоугольная железобетонная труба отверстием 1,5м, сечение (см.рис.6): $d_т = 1,8$ м; $h_т = 2,2$ м; $d_{ф} = 1,0$ м; $h_{ф} = 1,0$ м; длина трубы $L = 46,1$ м; вес 1 погон. трубы с фундаментом) $g = 8,0$ т/м. Насыпь однопутная (поперечный типовой): $H = 12,0$ м; $H_з = 10,0$ м; грунт насыпи сугли нок $\gamma = 1,9$ т/м^3; $\varphi^н = 17^0$ ($tg\varphi^н = 0,306$, $\xi = tg^2(45^0 - \varphi^н/2) = 545$). Основание: а) под трубой подушка из крупнообломочного грунта (см.рис.6) - коэффициент трения кладки по грунту $\psi = 0,50$; б) рядом с подушкой глинистые грунты текучей и текучепластичной консистенции: $\gamma_0 = 1,7$т/м^3; $\varphi_0^н = 8^0$ ($tg\varphi_0^н = 0,14$; $\xi = 0,75$); расчетом установлена возможность подвижки насыпи и основания.

Коэффициенты перегрузки n: для веса грунта насыпи - 1,2(0,8); для веса элементов трубы - 1,1(0,9); для давления грунта от временной нагрузки - 1,[illegible] (0,8).

Р е ш е н и е. 1. Определяют нормальное к поверхности трубы сило ее воздействие:

а) давление грунта на перекрытие трубы

$N_1 = (b + B_1)/2H_з d_т C \gamma$ [illegible] определяют по приложению 2 [illegible].

N_1 $B_2 \cdot$ $\cdot$ $\cdot$ (0 1.8x1, $\cdot$ 575 т;

б) давление грунта на обрези фундамента

$$N_{об} \frac{б + B_2}{2} H(d_р \; d_т)\gamma \quad \frac{3,2 + 23,0}{2} 12,\cdot(0,\cdot x1.9 - 60 \text{ т};$$

в) давление грунта от временной нагрузки на поперечные трубы и обрези фундамента $N_1 - d_ф K$ ($h_ж - 14$ т/пог нагрузки), N_1^q $\cdot,0 \cdot 14 = 28$ т;

г) давление грунта на боковые поверхности трубы выше обреза фундамента

$$N_2 - (б + B_1)(H_1 + \frac{h_т}{2}) h_т \xi \gamma \quad - (3,\cdot + \cdot 1,2) 11,1$$
$$\cdot, \cdot(0,545\cdot1,) - (1) т;$$

д) давление грунта от временной нагрузки на боковые поверхности трубы (выше обреза фундамента)

$$N_2^q - 2 h_т \xi K \quad ,\cdot(0,51\cdot14 - 31 ;$$

е) давление грунта на боковые поверхности фундамента

$$N_ф \quad (б + \frac{L}{2}) (H + \frac{h_ф}{2}) h_ф \xi_0 \gamma_0 \quad - (3,\cdot + \cdot 1,\cdot)$$
$$\cdot,\cdot\cdot1,0 \; 0,\cdot51\cdot1,\cdot \quad 43 т,$$

ж) давление грунта от временной нагрузки на боковые поверхности фундамента $N_ф^q$ $h_ф \xi K$ $\cdot x1,(x0,75x11$ $\cdot1$ т;

з) собственный вес трубы (без заполнения щебнем)

$$q_т \quad \frac{qL}{2} - \cdot,0 \cdot 10,1 \quad 11 т.$$

Проверяем выполнение условия прочности

$$1 - \Sigma N tg\varphi^н \quad m \Sigma N_n \varphi,$$

$$\Sigma N tg\varphi^н = n(N_1 + N_{об} + N_2 + N_1^q + N_2^q) tg\varphi^н + n(N_ф + N_ф^q) tg\varphi_0^н -$$
$$1, \cdot\cdot5 \cdot\cdot \cdot (\cdot5 \cdot \cdot \cdot4) 0,\cdot0\cdot \cdot 1,\cdot (13 \cdot 1)$$
$$(, 1 \cdot\cdot51 \cdot 108 \cdot\cdot 8\cdot\cdot т;$$

$$\Sigma N_n \varphi - [n(\frac{N_1}{\bar{c}} + N_{об} + N_1^q) + nQ^H]\varphi =$$

$$-[0,8(\frac{575}{1,5} + 60 + 28) + 0,9 \times 186] \times 0,50 = (378 + 167) \times 0,50 - 272 \text{ т.}$$

$$\Gamma = 589 - 0,8 \times 272 = 371 \text{ т.}$$

Конструктивные элементы, объединяющие трубу, или экранирующие полосы рассчитывают на усилие, равное 370 т.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ. 4

НАГРУЗКИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ. 6

3. ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБЫ ПРОТИВ РАСТЯЖЕНИЯ. 8

4. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСТЯЖЕНИЯ ТРУБ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ ОСНОВАНИЯ. 13

5. КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТЯЖЕНИЯ ТРУБ. 16

6. ПРОЕКТ, СМЕТА РАБОТ. 18

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ 19

Редактор И.А.Сумоатян
Корректор О.Д.Сухова

Подп.к печ.27.УI.74г. №Л81276
Заказ 148 . Объем I,7 п.л.
Тираж 200 экз.Ротапринт ПНИИСа

gost.e-ecolog.ru