

ЦНИИС **МИНТРАНССТРОЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТЯЖКИ
ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

МОСКВА 1974

ВСЕОБЩНИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора института

/Г.ХАСХАЧИХ/

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСТЯЖКИ
ВОДОНПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Москва 1974

УДК 624.21.001.24-462

© ВСЕОБЩЕЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ИНСТИТУТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 1974

ПРЕДИСЛОВИЕ

"Методические рекомендации по предотвращению растрескивания 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 растрескивания 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 растрескивания и деформации гребня распространенной, особенно в Северной строительной-климатической зоне.

Рекомендации составлены кандидатами техн. наук А.С.Потаповым, Р.Е.Подвальным и И.З.Лобановым по результатам исследований, выполненных СибНИИСтр в 1962-1972 гг. 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, СибНИИСтр.

Директор СибНИИСтр

/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 методики определения условий, при которых возможно возникновение растяжки труб, рекомендации по проектированию и строительству труб с учетом явления растяжки.

1.3. Цифры, что целостность труб (отсутствие растяжки) должна быть обеспечена как во время строительства, так и в период эксплуатации. При этом учитывается, что для сооружений на таких грунтах наиболее неблагоприятным периодом является время отенки паводка и первые годы эксплуатации. Для сооружений на вечномёрзлых грунтах неблагоприятные условия, кроме того, могут возникать и в процессе последующей длительной эксплуатации.

1.4. Основным условием устойчивости труб против растяжки над стол обеспечение стабильности основания и устойчивости откосов склона.²

1.5. Проектирование труб на вечномёрзлых грунтах выполняется на основе расчетов температурного режима исходя из принципа использования грунтов основания. При отсутствии таких расчетов принимается самое неблагоприятное положение верхней границы мерзлоты.

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

Под стабильностью основания понимается отсутствие зон пластических деформаций (точечных сдвигов, выходящих на поверхность), в том числе по фиксированным плоскостям скольжения (слабым прослойкам грунта, не границе оттаяния и т.д.).

1.6. Рекомендованным и используемым следующие по рядок проектирования:

1. Проверка устойчивости трун против растяги и ис-
ходов из условия стабильности оснований¹:

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

- расчет по схеме плоского сдвига для определения
возможности дольных сдвигов в анкеризированных
плоскостях.

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

- при выполнении указания п.1.4 труну проектируют
по существующим нормам; в очертании поперечника
накши и в основании не учесть каких-либо
полннтельных требований;

- в случае, если результаты расчета свидетельствуют
о возможности возникновения пластических де-
формаций, рассматривают варианты:

- а) предотвращения растяжки трун путем обеспечения
стабильности оснований;

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

1.7. Во всех случаях (в том числе с мероприятиями,
указанными в п.1.6) проектирование конструкции самих тру-
н осуществляют с использованием типовых решений из уни-
фицированных элементов.

1.8. Указания в п.1.6, а также в разделах 1 и 5
мероприятия могут применяться в отдельности или комплекс-
но. Окончательное решение принимают на основе технико-
экономического сравнения вариантов с учетом возможного
срока развития деформаций.

¹ Проверка и обеспечение устойчивости откосов накши
выполняются в соответствии с указанными действующими
нормативными документами.

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 строительной-климатической зоне, кроме того, за температурой вечномёрзлых 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. I.

Т а б л и ц а I

Род нагрузок	Коэффициенты n при расчетах	
	стабильности основания	конструктивных элементов
Давление от веса грунта	1,0	1,2 (0,8)
Вес конструкций труб	-	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 оснований - показатели по характеристикам;

- 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 e ;
- 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-15.1-62^X и "Методических указаний по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (Оргтрансстрой, М., 1968). На стадии рабочего проектирования характеристики сдвига можно определить с помощью указанных таблиц после их проверки или корректировки по результатам изысканий района строительства.

3. ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБЫ ПРОТИВ РАСТЫЖКИ

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, крупноослобочных грунтов с глинистым заполнителем, а также оттаивающих мерзлых грунтов (исключая супучемерзлые и монолитные скальные без линз и прослоек льда).

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

$$K_0 = \frac{1}{\gamma H n_q} \text{ или } \frac{c^H + \sigma_5 \operatorname{tg} \varphi^H}{\alpha B} > 1, \quad (1)$$

где K_0 — коэффициент стабильности;

γ — объемный вес грунта насыпи, т/м³;

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/м², определяемое по СН 200-62, где класс нагрузки K следует принимать равным 10 при талых и 14 при мерзлых грунтах в основании;

c^H и φ^H — нормативные величины удельного сцепления, т/м², и угла внутреннего трения, град, в данной точке основания;

$\sigma_5 = \sum_{i=1}^{n_1} (\gamma_0 h)_i$ — напряжение в той же точке от собственного веса грунта основания, т/м²;

γ_{0i} — объемный вес грунта в i -ом слое основания, т/м³;

для водонасыщенных грунтов $\gamma_0 = 1,0$ т/м³;

h_i — мощность i -го слоя основания, м;

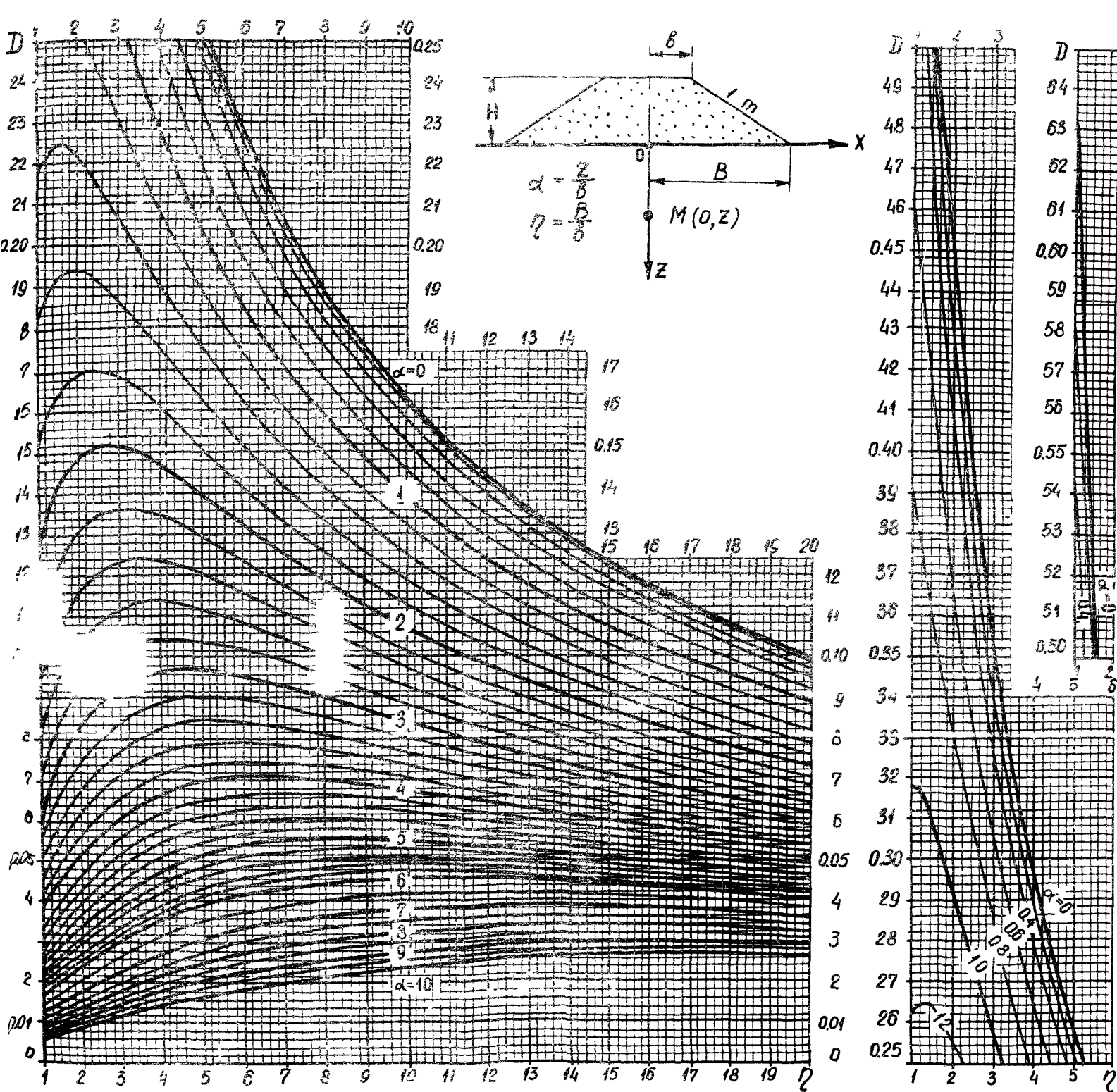


Рис. 1. Графики безразмерных коэффициентов для расчета стабильности основания по схеме глубокого сдвига

- n_1 - 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. I 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.

Т а б л и ц а 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

П р и м е ч а н и я. 1. Таблица составлена для однопутных железнодорожных насыпей заложение откосов которых на участке, примыкающем к основной площадке, равно 1,5 и увеличивается на 0,25 через каждые 6 м по высоте. Нормативные характеристики грунтов оснований приняты по табл.13 СНиП II-B.1-62. Временная вертикальная нагрузка - 014.

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 $K_0 = 1,00$, $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$.

П р и м е ч а н и е. При неоднородном основании величины m определяют по характеристикам грунта каждого слоя и в качестве предельной принимают наибольшую из них.

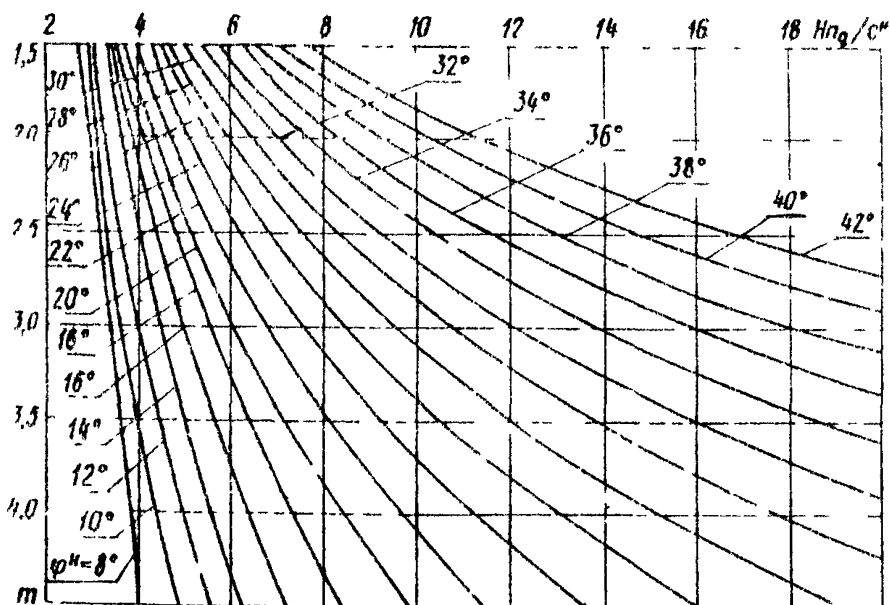


Рис.2. Графики $m = f(H\phi_g/c^H; \phi^H)$ при $\gamma_0 = 1,0 \text{ т/м}^3$

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, 11., 1968).

3.5. Проверку оснований 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 устойчивости основания по схеме плоского сдвига (рис.3) производят по условию

$$n_q \tau_{xz} \leq \tau_{np} \quad , \quad (2)$$

где

$$\tau_{np} = \sigma_z \operatorname{tg} \varphi^n + c^n \quad ; \quad (3)$$

$$\sigma_z = k \gamma H \left(1 - \frac{x^2}{B^2} \right) \quad ; \quad (4)$$

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

в 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_i^n и φ_i^n - нормативные величины удельного сцепления, т/м², и угла внутреннего трения, град, для грунта слабой прослойки.

П р и м е ч а н и я. За расчетную плоскость принимают плоскость контакта слабой прослойки с более прочным грунтом, а для речноперекрытых 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 $1,5mH$.

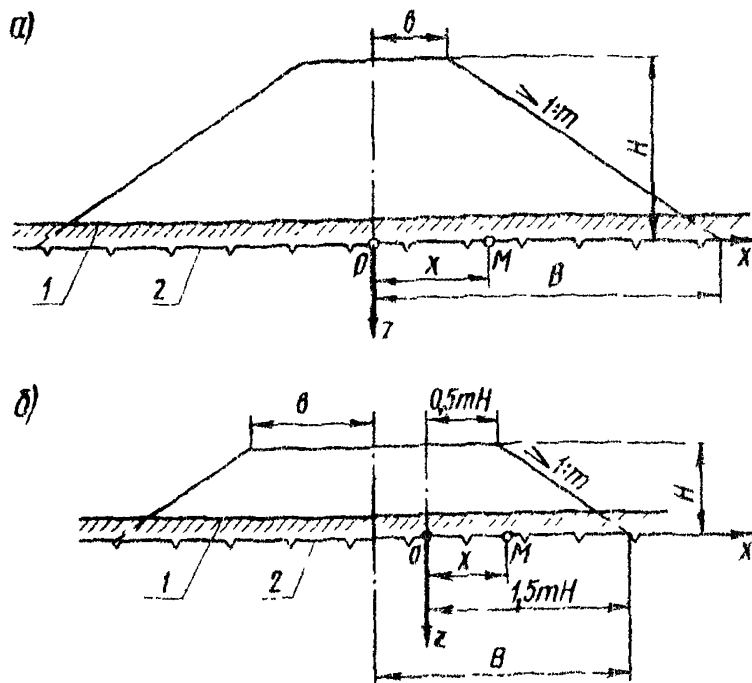


Рис.3. Схемы и расчеты по п.3.6: а - при $k \leq 1$; б - при $k > 1$; 1 - подошва насыпи; 2 - нижняя граница слабой прослойки

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 τ_{xz_1} , определенное следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{z_1} &= \sigma_z \cos \beta - \tau_{xz} \sin \beta \\ \tau_{xz_1} &= \sigma_z \sin \beta + \tau_{xz} \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad , \quad (6)$$

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 определить предельное заложение откосов насыпи m по графикам рис.4.

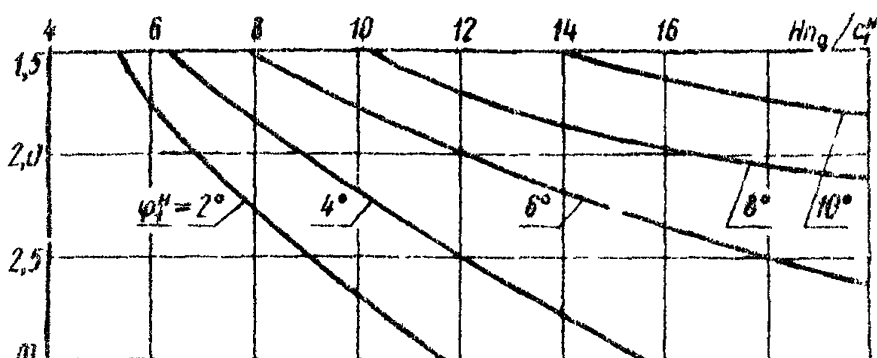


Рис.4. Графики $m = f(H, cφ, φφ, nq)$

3.9. Расчеты основания под насыпью с бермами или с откосами переменной крутизны выполняют для упрощенного поперечника с уположенными откосами заложение кото-

рых
$$m = \frac{B - b}{H}$$

4. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСТЯЖКИ ТРУБ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ОСНОВАНИЙ

4.1. К основным мероприятиям по предотвращению растяжки труб путем обеспечения стабильности оснований 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 оснований (для вечномерзлых грунтов с предварительным оттаиванием).

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

1.3. Уположение откосов насыпи или устройство насыпи с бортами 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 указание выше указанного.

П р и м е ч а н и я. 1. Предварительно размеры берм можно определить, пользуясь графиками рис.2, исходя из равенства площади поперечника с уложенными откосами, полученными по графикам, и поперечника с бортами.

2. При насыпях с бортами 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 указанию п.4.3;
- 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 по подошве грунтовой подушки) определяют из условий обеспечения стабильности основания. Расчеты ведут по указанию пп.3.2 и 3.6.

При расчетах по п.3.2 учитывают следующие дополнения (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 $1,8 \text{ т/м}^3$, а при отсыпке подушки из дренирующих грунтов, объемные веса которых пропорц. до отсыпки не менее $\gamma/\text{м}^3$.

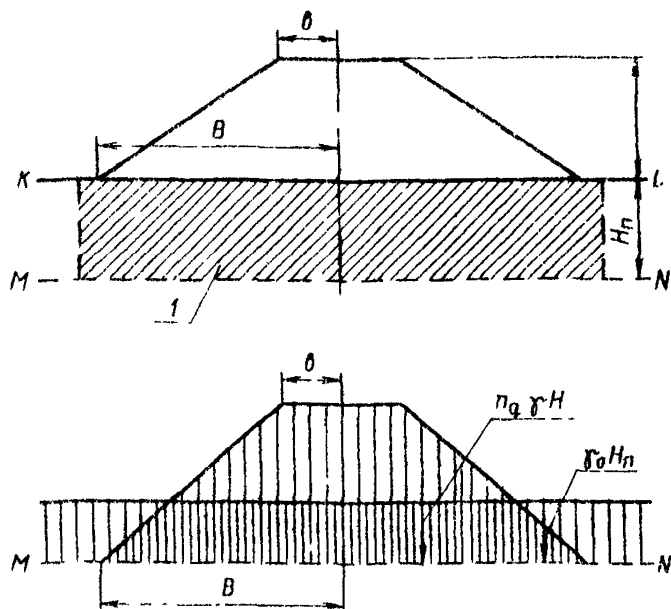


Рис.5. Схема нагрузок к расчету глубины замены
грунта:
I — зона замены грунта

4.6. Применяемые для замены грунта 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 меры, ятия по предохранению оснований подушки от отепляющего воздействия фильтрующих вод.

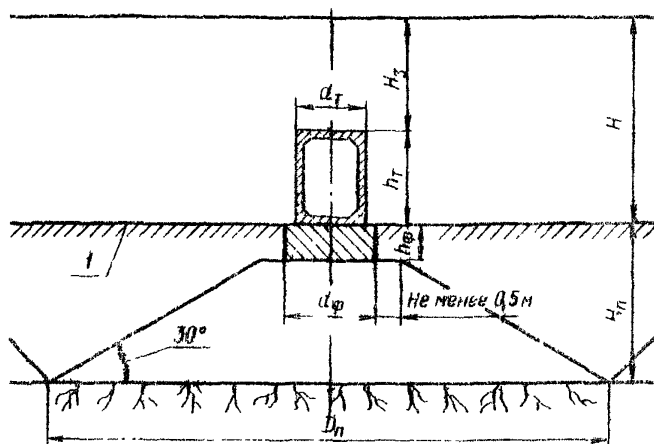


Рис.6. Конструкция подушки из крупнообломочных грунтов при неглубоком залегании прочных пород в основании: I - подшва насыпи

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.

П р и м е ч а н и е. 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

$$T = \sum N t q^H, \quad (7)$$

где N - расчетные величины нормальных сил по поверхности трубы (включая фундамент) на протяжении 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

$$T = \sum N t q^H - m \sum N_n \psi, \quad (8)$$

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

ψ - коэффициент трения кладки по грунту;

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

При расчетах 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

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

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

5.5. Материалом для ограничивающих 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 антикоррозионной 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 трубы должен быть обеспечен надежный водоотвод. Планировку и укрепление русел следует выполнять сразу после окончания монта-

жа и засыпки труб.

При строительстве труб на вечноммерзлых грунтах, а также на талых, когда обводнение может привести к ухудшению их свойств, необходимо принимать меры против заскогов 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 вечноммерзлых 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 ПУЗЫРЬКОГО СДВИГА (п. 3.2)

И с х о д н ы е д а н н ы е. Прямоугольная бетонная труба отверстием 1,5 м. Насыпь высотой $H = 9,1$ м из суглинка; заложение откосов m : на верхних 6 м — 1,5, ниже — 1,75, среднее — 1,60; $\delta = 3,25$ м; $\delta = 18,2$ м;

$\gamma = 1,9$ т/м³. Основание из талых водонасыщенных суглинков: $c'' = 2,0$ т/м²; $\varphi'' = 20^\circ$; $\gamma_0 = 1,0$ т/м³ (с учетом взвешивания в воде). Коэффициент перегрузки $n = 1,0$.

Р е ш е н и е. 1. $\eta = \frac{\delta}{\delta} = \frac{18,2}{3,25} = 5,6$.

2. $n_q = 1 + \frac{q}{\gamma H} = 1 + \frac{1,64}{1,9 \cdot 9,1} = 1,092$,

где $q = 1,64$ т/м² по п. 12 [СН 200-62 для $K = 10$ (класс нагрузок принят исходя из того, что основание из талых грунтов стабилизируется в первый период после отсыпки насыпи).

Т а б л и ц а 3

z.	h	γ_0	γ_{0H}	σ_0	σ_H	σ_0^*	σ_H^*	$\sigma_0^* - \sigma_H^*$	σ	σ_D	$\sigma^* - \sigma_{\text{ср}}^*$	K_0	
m	m	T/M ³	T/V ²	T/M ²	T/M ²	°C		T/V ²			σ_D		
1	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2	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	1,06
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	0,263	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	0,111	0,285	17,1	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

$$3) \text{ По формуле } (I)^{K_0} = \frac{I}{I,9 \times 9,4 \times I,092} \ln \left(1 + \frac{6,5 \operatorname{tg} \varphi^H}{\alpha B} \right) =$$

$$= 0,05 I \ln \frac{c^H + 6,5 \operatorname{tg} \varphi^H}{\alpha B}, \text{ где } \alpha = \frac{\pi}{3,25} \quad (z - \text{глубина}$$

бина расположения данной точки); D — коэффициенты, определяемые по графикам рис. 1.

Результаты расчетов сводят в табл. 3.

Анализируя данные таблицы, находят $K_0 = 0,8 < 1,0$.

Вывод. Стабильность основания не обеспечена и, следовательно, возможна растяжка трубы.

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

Исходные данные. Круглая железобетонная труба отверстием 1,5 м. Насип высотой $H = 4,0$ м из суглинка (с учетом толщины слабой прослойки);

$b = 3,25$ м; $B = 10,2$ м; $\gamma = 1,9$ т/м³; $\alpha = 0,333$.
 Основание — верхний (действительный) слой, толщиной 1,5 м — суглинок ($c^H = 0,39$ т/м²; $\varphi^H = 4^\circ$; $\operatorname{tg} \varphi^H = 0,069$) подстилается вечномёрзлым грунтом. Коэффициент перегружки $n = 1,6$.

$$\text{Решение. 1. } K = 0,75 \left(1 + \frac{b}{B} \right) =$$

$$= 0,75 \left(1 + \frac{3,25}{10,2} \right) = 0,99.$$

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

где $q = 4,18$ т/м² для $K = 1,4$.

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

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

Результаты расчета сводит в табл. 1.

Т а б л и ц а 4

Показатели	x/B							
	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
x	0	2,01	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
$\alpha(1-x^2/B^2)$	0	1,96	3,42	3,92	3,64	2,94	1,71	0
1_{xz}	0	0,38	0,66	0,76	0,70	0,77	0,34	0
$n_q \tau_{xz}$	0	0,59	1,02	1,17	1,09	0,88	0,52	0
σ_x	7,5	7,2	6,3	4,8	3,8	2,7	1,4	0
$\sigma_x \tau_{xz} \varphi^n$	0,52	0,50	0,43	0,33	0,26	0,19	0,10	0
$\Gamma_{np} - \sigma_x \tau_{xz} \varphi^n \cdot c$	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 труб.

ПРИМЕР 3. РАСЧЕТ ЗАМЛЫН 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 производит дренирующим грунтом, водонепроницаемость которого произведена до отсыпки насыпи;
 $\gamma_0 = 1,0 \text{ т/м}^2$.

Р е ш е н и е. 1. Ориентировочно назначим глубину замены $H_n = 4,0 \text{ м}$.

$$2. K_0 = 1,05 \Gamma \frac{c^n + \sigma_0 \tau_{xz} \varphi^n}{\alpha B} \quad \text{где}$$

$$\alpha = \frac{x - H_n}{1,25} = \frac{x - 4,0}{1,25} \quad \text{Результаты расчетов сводит в табл.}$$

$x,$	$h,$	$\gamma_0,$ τ/M^3	$\gamma_0 n,$ τ/M^2	$\sigma_s,$ τ/M^2	$c^1,$ τ/M^2	$\varphi^H,$ $^\circ C$	$\lg \varphi^H$	$c^H + \sigma_s \lg \varphi^H,$ τ/M^2	α	D	αD	$\frac{c^H + \sigma_s \lg \varphi^H}{\alpha D}$	K_0
0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	20	0,364	3,456	0	0,239	0		
1	4,0	1,0	4,0	1,0	2,0	20	0,364	3,320	0,3	0,232	0,070	54,6	2,78
2	4,0	1,0	4,0	2,0	2,0	20	0,364	4,184	0,6	0,217	0,130	32,2	1,64
3	4,0	1,0	4,0	3,0	2,0	20	0,364	4,548	0,9	0,199	0,179	25,4	1,29
4	4,0	1,0	4,0	4,0	2,0	20	0,364	4,912	1,2	0,180	0,216	22,8	1,16
5	4,0	1,0	4,0	5,0	2,0	20	0,364	5,276	1,5	0,162	0,243	21,7	1,11
6	4,0	1,0	4,0	6,0	2,0	20	0,364	5,640	1,8	0,145	0,261	21,6	1,10
7	4,0	1,0	4,0	7,0	2,0	20	0,364	6,000	2,2	0,123	0,277	21,7	1,11
8	4,0	1,0	4,0	8,0	2,0	20	0,364	6,370	2,5	0,114	0,285	22,4	1,11

3. Анализируя данные таблицы, находят $K_0 = 1$, $\alpha > 1,6$. Глубина замены принята с запасом.

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

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

В ы ы ы. Стабильность оснований под грунтовой подушкой обеспечена.

Глубину области замены можно принять равной

$H_n = 3,0$ м.

длина (вдоль оси насыпи) области замены грунта

$D_n = 3,0 \times 1 \times 2 = 2,4$ м.

Ширина области замены грунта $B = 2,13, 2-36$ м.

ПРИМЕР 4. РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ПРОДСАДНОГО РАСТЯЖКИ (п.5.2)

И с х о д я щ е е д а н н ы е. Прямоугольная железобетонная труба: диаметр d , см, сечение (см.рис.6): $d_t = 1,8$ м; $h_t = 2,2$ м; $d_{\text{ф}} = 0,6$ м; $h_{\text{ф}} = 1,0$ м; длина трубы $L = 40,1$ м; вес 1 пог.м трубы с фундаментом $q = 8,0$ т/м. Насыпь однопутная (поперечный тип - пони): $H = 12,0$ м; $H_2 = 6,0$ м; грунт насыпи - супесь: $\gamma = 1,9$ т/м³; $\varphi^H = 17^\circ$ ($\text{tg} \varphi^H = 0,30$, $\xi = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi^H/2) = 0,545$). Основание: а) под трубой подушка из крупнообломочного грунта (см.рис.6) - коэффициент трения 1 квадрат по грунту $\psi = 0,50$; б) рядом с подушкой глинистые грунты текучей и текучепластичной консистенции: $\gamma_0 = 1,7$ т/м³; $\varphi_0^H = 8^\circ$ ($\text{tg} \varphi_0^H = 0,14$; $\xi = 0,75$); расчетом установлена возможность подвижки насыпи и основания.

Коэффициенты пересытки n : для веса грунта насыпи - $1,2(0,8)$; для веса элементов трубы - $1,1(0,9)$; для давления грунта с временно-нагрузки - $1,1(0,8)$.

Р е ш е н и е. 1. Определяют полные сечения поперечности трубы: силы ее веса; сдвиг:

а) давление грунта на перекрытие трубы

$$N_1 = (6 + B)/2 H_2 d_t \gamma \quad \text{с м; } d_t \text{ берется по формуле (п.5.2) (п.4.4.1),}$$

$$N_1 = 3,2 + 1,8 \times 1,2 = 5,75 \text{ т};$$

б) давление грунта на борези с фундамента

$$N_{об} = \frac{B+B_2}{2} H(d_p + d_f) \gamma = \frac{3,2 + 2,0}{2} (2,0 + 0,2 \times 1,2) = 6,0 \text{ т};$$

в) давление грунта от временной нагрузки на перекрывающие борези и борези фундамента $N_1 = d_{ф} K (h + 1,4 + 1,25 \text{ расстояние между борезями})$, $N_1^q = 2,0 \times 1,4 = 2,8 \text{ т};$

г) давление грунта на боковые поверхности трюнов на борези с фундамента

$$N_2 = (B + B_2) \left(H_1 + \frac{h_1}{2} \right) h_f \gamma = (3,2 + 2,0) (1,1 + 0,5 \times 1,2) = 6,545 \text{ т};$$

д) давление грунта от временной нагрузки на боковые поверхности трюнов (наше борези с фундамента)

$$N_2^q = 2 h_f \gamma K = 2 \times 0,51 \times 1,4 = 1,43 \text{ т};$$

е) давление грунта на боковые поверхности с фундамента

$$N_{ф} = \left(B + \frac{L}{2} \right) \left(H + \frac{h_{ф}}{2} \right) h_{ф} \gamma_o = (3,2 + 2,0) (1,1 + 0,5 \times 1,2) = 6,545 \text{ т};$$

ж) давление грунта от временной нагрузки на боковые поверхности с фундамента $N_{ф}^q = h_{ф} \gamma_o K \times 1,25 (1,25 \times 1,4 = 1,75 \text{ т};$

з) сопротивление борези (на основании или на)

$$q_r = \frac{qL}{2} = \frac{1,0 \times 1,0}{2} = 0,5 \text{ т};$$

и) сопротивление сдвигу шасси относительно борези и

$$I = \sum N t q \varphi^H + m \sum N_n \varphi,$$

$$\sum N t q \varphi^H = n(N_1 + N_{об} + N_2 + N_1^q + N_2^q) t q \varphi^H + n(N_{ф} + N_{ф}^q) t q \varphi_o^H =$$

$$1,25 (5,75 + 6,0 + 6,545 + 2,8 + 1,43) 0,8 (1,25 + 1,75) + 1,25 (6,545 + 1,75) 0,8 (1,25 + 1,75) = 38,5 \text{ т};$$

$$\Sigma N_n \varphi = [n(\frac{N_1}{\xi} + N_{об} + N_1^q) + n Q^H] \varphi =$$

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

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

Конструктивные элементы, соединяющие грубу, 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
НАПРАВЛЕНИЯ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРУТОВ.	6
2. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ИСТОЧНИКОМ ПРУТОВ	
ПРОТИВ РАСТЯЖКИ.	8
3. ПРЕДПОТВОРАЩЕНИЕ РАСТЯЖКИ ПРУТОВ ПУТЯМИ ОБЖИГА- ТЕЛЬНЫМИ (УПРАВЛЯЮЩИМИ) ОСНОВАНИЯМИ.	13
4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПО ПРИБЛИЖЕН- НОМУ РАСТЯЖЕНИЮ ПРУТОВ.	16
5. ПРОЦЕССЫ РАБОТЫ ПРУТОВ.	18
ПРОЦЕССЫ РАБОТЫ ПРУТОВ.	19

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

Подп.к печ. 27.УІ.74г. №ЛВІР76
Заказ 148 . Объем І,7 п.л.
Тираж 200 экз.Ротапринт ПНИИС