

Наименование объекта

Расчёт защитного футляра на прочность при пересечении железной
дороги общей сети.

Труба для футляра: труба полиэтиленовая ПЭ100 SDR11 ГОСТ 18599-2001. Прокладка футляра предусматривается закрытым способом - методом наклонно-направленного бурения. Проектный срок эксплуатации - не менее 50 лет. При расчёте принята максимальная нагрузка 8-осных вагонов при скоростях движения до 120 км/ч

Наружный диаметр футляра, мм		D_n	500																
Толщина стенки футляра, мм		e_n	45,5																
Отношение диаметра футляра к толщине стенки		SDR	11																
Начальная овализация трубы футляра, %		ϵ_ϕ	1,75																
Нормативный вес трубы футляра, кН/м		q_{dq}	0,617																
Наружный диаметр протягиваемого газопровода, мм		D_{ng}	315																
Толщина стенки протягиваемого газопровода, мм		e_{ng}	28,6																
Отношение диаметра протягиваемого газопровода к толщине стенки		SDR	11																
Нормативный вес трубы протягиваемого газопровода, кН/м		q_{qq}	0,244																
Максимальная глубина заложения футляра от верха насыпи дороги, м		H_o	4																
Глубина заложения футляра от подошвы насыпи дороги, м		H_r	3																
Удельный вес грунтов по траектории бурения (<i>пески крупные</i>), кН/м ³		ρ_m	19																
Модуль деформации грунтов, МПа		$E_{гр}$	15																
Уровень грунтовых вод над верхом трубы, м		H_w	1																
Удельный вес грунтовых вод с учётом растворённых в ней солей, кН/м ³		ρ_w	10,2																
Высота насыпи по оси железной дороги, м		H_H	1																
Удельный вес грунтов в насыпи, кН/м ³		ρ_v	18,5																
Толщина щебёночного слоя рельсового пути, м		$h_{покр}$	0,4																
Модуль деформации щебня, МПа		$E_{покр}$	130																
Среднегодовая температура грунта на глубине заложения футляра, °С		$t_{экс}$	12,5																
Кольцевые напряжения в стенке трубы, не более, МПа		σ_r	1,5																
Среднее значение модуля ползучести полиэтилена, МПа		$E_{те}$	262,5																
Диаметр скважины для затаскивания трубопровода, м		B	0,65																
Коэффициент Пуассона для полиэтиленовых труб		μ	0,43																
Нормативная нагрузка от решётки верхнего строения пути, кН/м ²		q_{vc}	13,78																
Коэффициент распределения нагрузки и опорной реакции		ξ	1,20																
<i>Коэффициенты надёжности</i>																			
от вертикального давления грунта (при $H_r + h_{покр}$)		$K_{гр}$	1																
по собственному весу трубопровода		γ_q, γ_{qq}	1,1																
по весу и давлению грунта		γ_m	1,2																
по выталкивающей силе воды		γ_w	1,2																
по нагрузке от железнодорожного транспорта		γ_{td}	1,15																
от равномерно распределённой нагрузки на поверхности земли		γ_v	1,40																
<i>Коэффициенты приведённых нагрузок</i>																			
от давления грунта при укладке на спрофилированное основание		β_1	0,5																
от веса газопровода при укладке на спрофилированное основание		β_2	0,3																
от выталкивающей силы воды		β_3	1																
от равномерно-распределённой нагрузки на поверхность земли		β_4	1																
от подвижных транспортных средств		β_5	1																
Взам. инв. №							Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Инва. № подл.	Разработал		Расчёт защитного футляра на прочность при пересечении железной дороги общей сети.	Стадия	Лист	Листов
	Подпись и дата													Р	1		4		

Расчёт (начало)

Расчёт жёсткости трубы футляра

$$D = \frac{E_{re}}{4(1-\mu^2)} * \left(\frac{SDR-1}{2} \right)^{-3} = \frac{262,5}{4(1-0,43^2)} * \left(\frac{11-1}{2} \right)^{-3} = 0,65 \text{ МПа}$$

Расчёт критических величин внешнего давления

$$P_{кр1} = 0,7(D * E_{гр})^{0,5} = 0,7 (0,65 * 15)^{0,5} = 2,18 \text{ МПа}$$

$$P_{кр2} = D + 0,143 E_{гр} = 0,65 + 0,143 * 15 = 2,79 \text{ МПа}$$

В расчете далее принимаем наименьшее значение $P_{кр} = 2,18 \text{ МПа}$

Расчёт концентрации давления грунта

$$K_n = \frac{3}{2} * \frac{D + 0,125 * E_{гр}}{D + 0,25 * E_{гр}} = \frac{3}{2} * \frac{0,65 + 0,125 * 15}{0,65 + 0,25 * 15} = 0,86 \text{ МПа}$$

Расчёт нагрузки от массы футляра

$$Q_q = \gamma_q * q_q = 1,10 * 0,62 = 0,68 \text{ кН/м}$$

Расчёт нагрузки от массы протягиваемого газопровода

$$Q_{qq} = \gamma_{qq} * q_{qq} = 1,10 * 0,24 = 0,27 \text{ кН/м}$$

Расчёт нормативной равномерно распределённой нагрузки

$$q_m = \rho_m * D_n * H_r * 10^{-3} = 19,00 * 500 * 3,00 * 10^{-3} = 28,50 \text{ кН/м}$$

Расчёт нагрузка на футляр от давления грунта

$$Q_m = \gamma_m * q_m * B * K_{гр} * / (D_n * 10^{-3}) = 1,20 * 28,50 * 0,65 * 1,00 / (500 * 10^{-3}) = 44,46 \text{ кН/м}$$

Расчёт нормативной равномерно распределённой нагрузки от выталкивающей силы воды

$$q_w = \rho_w * \pi * D_n^2 / 4 * 10^{-6} = 10,20 * 3,14 * (500^2 / 4) * 10^{-6} = 2,00 \text{ кН/м}$$

Расчёт нагрузки от выталкивающей силы воды

$$Q_w = \gamma_w * q_w = 1,20 * 2,00 = 2,40 \text{ кН/м}$$

Расчёт приведённой глубины заложения трубопровода

$$H_{пр} = H_o + h_{покр} \left(\left(\frac{E_{покр}}{E_{гр}} \right)^{1/3} - 1 \right) = 4,00 + 0,40 \left(\left(\frac{130}{15} \right)^{1/3} - 1 \right) = 4,42 \text{ м}$$

По рисунку 1 принимаем временную нагрузку от железнодорожного транспорта $q_{td} = 40 \text{ кН/м}^2$

Расчёт нагрузки на футляр от железнодорожного транспорта

$$Q_t = \gamma_{td} * q_{td} * D_n * 10^{-3} = 1,15 * 40 * 500 * 10^{-3} = 23,00 \text{ кН/м}$$

Расчёт нормативной нагрузки на ед. футляра от равномерно распределённой нагрузки на поверхности грунта

$$q_{vd} = \rho_v * h_{покр} * D_n * K_n * 10^{-3} = 18,50 * 0,40 * 500 * 0,86 * 10^{-3} = 3,18 \text{ кН/м}$$

Расчёт нагрузки от равномерно распределённой нагрузки на поверхности грунта

$$Q_v = \gamma_v * (q_{vd} + q_{vc}) = 1,40 * (3,18 + 13,78) = 23,75 \text{ кН/м}$$

Расчёт внешнего гидростатического давления грунтовых вод на газопровод

$$P_w = \gamma_w * \rho_w * H_w = 1,20 * 10,20 * 1,00 = 12,24 \text{ кН/м}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подпись	Дата	Лист
						2

Расчёт (окончание)

Расчёт полной эквивалентной нагрузки

$$Q = \sum \beta_i * Q_i = \beta_1 * Q_m + \beta_2 * (Q_q + Q_{qq}) - \beta_3 * Q_w + \beta_4 * Q_v + \beta_5 * Q_t =$$

$$= 0,5 * 44,46 + 0,3 * (0,68 + 0,27) - 1 * 2,40 + 1 * 23,75 + 1 * 23,00 = 66,86 \text{ кН/м}$$

Проверка по условию обеспечения предельно допустимой овализации поперечного сечения трубы футляра

$$\epsilon_{\phi} = \xi \frac{Q \cdot 10^{-3}}{4 \cdot D \cdot D_n \cdot 10^{-3}} \left(1 + \frac{0,125 \cdot E_{гр} - P_w \cdot 10^{-3}}{D + 0,012 \cdot E_{гр}} \right)^{-1} \cdot 100\% =$$

$$= 1,20 \frac{66,9 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 0,65 \cdot 500 \cdot 10^{-3}} \left(1 + \frac{0,125 \cdot 15 - 12,24 \cdot 10^{-3}}{0,65 + 0,012 \cdot 15} \right)^{-1} \cdot 100\% = 1,91\% < 5\%$$

Условие выполняется, поскольку даже с учётом возможной овализации трубы в 1,75% суммарное сплющивание трубы футляра не превысит максимально установленной величины 5,0%.

Проверка по условию устойчивости круглой формы поперечного сечения трубы футляра

$$P_{кр} \geq 2 \left(\frac{Q \cdot 10^3}{D_n \cdot 10^{-3}} + P_w \cdot 10^3 \right) = 2,0 \cdot \left(\frac{66,86 \cdot 10^3}{500 \cdot 10^{-3}} + 12,24 \cdot 10^3 \right) = 291921 \text{ Па} = 0,29 \text{ МПа}$$

$$P_{кр} = 2,18 \text{ МПа} > 0,29 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости круглой формы выполняется

Вывод

Футляр из полиэтиленовых труб ПЭ100 SDR11 Ø500x45,4 по ГОСТ 18599-2001 отвечает необходимым требованиям по условию прочности при пересечении железнодорожного пути общей сети и допустим к применению.

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

										Лист
										3
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

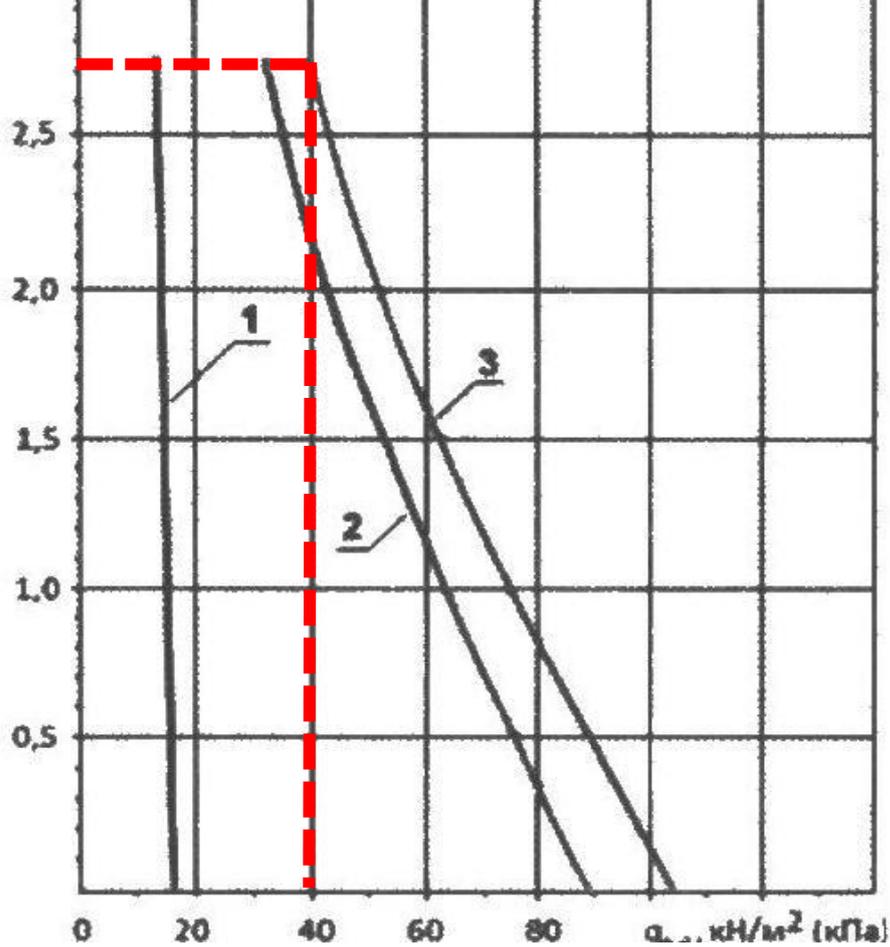
Приложение к расчёту

Зависимость q_{td} от глубины заложения трубопровода $H_{пр}$ по СП 32-107-98 «Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520мм».

$H_{пр}, м$

Рисунок 1





- 1 - нагрузка от строения путей
- 2 - нагрузка от поездной нагрузки для 4-осных вагонов при скоростях движения 120км/ч (Рос=30тс/ось)
- 3 - нагрузка от поездной нагрузки для 8-осных вагонов при скоростях движения 120км/ч (Рос=30тс/ось).

Значение коэффициента $K_{гр}$ в зависимости от глубины заложения газопровода и вида грунта по СП 42-103-2003 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов» (пункт 5.72).

Таблица 1

Глубина заложения газопровода, м	Значения коэффициента $k_{гр}$ для грунтов	
	Песок, супесь, суглинок твердый	Суглинок тугопластичный, глина твердой консистенции
0,5	0,82	0,85
1,0	0,75	0,78
2,0	0,67	0,70
3,0	0,55	0,58
4,0	0,49	0,52
5,0	0,43	0,46
6,0	0,37	0,40
7,0	0,32	0,34
8,0	0,29	0,32

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подпись	Дата
------	---------	------	--------	---------	------

Лист

4

